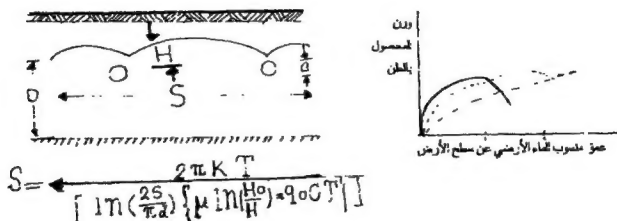


هندسة الصرف الزراعي



مهندس مدني

دكتور

حلمي أحمد بكر

قسم الأراضي والمياه

كلية الزراعة جامعة الإسكندرية

دار المطبوعات الجديدة

ت ١٨٧٥٥٠٨

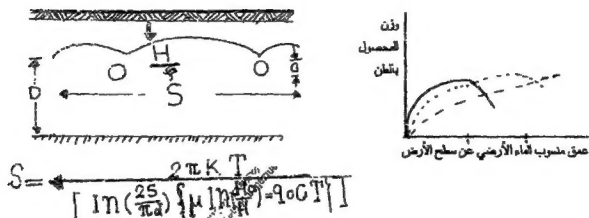
لا سكندرية



اهداءات ١٩٩٨

مؤسسة الأهرام للنشر والتوزيع
القاهرة

هندسة الصرف الزراعي



مهندس مدني
دكتور
حلمي أحمد بكسر

قسم الأراضي والمياه
كلية الزراعة جامعة الإسكندرية

دار المطبوعات الجديدة
ت: ٤٨٢٥٥٠٨
الإسكندرية

بسم الله الرحمن الرحيم

وآية لهم الأرض الميتة أحييناها وأخرجنا منها حبا فمنه يأكلون .
وجعلنا فيها جنات من نخيل وأعناب ، وفجرنا فيها من العيون .
ليأكلوا من ثمره وما عملته أيديهم ، أفلا يشكرون ؟ سبحانه الذي خلق
الآزواج كلها : ما تنفك الأرض ومن أنفسهم ، وما لا يبطلون ...

«صدق الله العظيم»

(من سورة يس)

شكر

يتقدم المؤلف بالشكر والعرفان إلى الأساتذة والزملاء جميعا ...
بضم الأراضى والمياه - كلية زراعة الإسكندرية وكفر الشيخ - وبكلية
هندسة الاسكندرية ، وبالمؤسسة المصرية العامة لاستغلال وتعمية الأراضى
المستصلحة ومؤسسة تعمير الأراضى وبوزارة الرى ومؤسسة الصرف
المنظى ... الذين شجعوا بالفعل والقول ومهدوا لإظهار هذا الكتاب ...
ويخص المؤلف بالشكر الزميل د. حاتم عبد الوهاب أحمد العطار لمساعدته
بمراجعة أصول هذا الكتاب وتصحيحها ...

المؤلف

إهداء

إلى: أساتذتي مصريين وأجانب ... الذين بفضل جهدهم وتوجيهاتهم ...
هذا الطريق سلكت ...

إلى: زملائي وزميلاتي ... الذين بصحبتهم وصحبتي سعدت ...

إلى: إخوتي وأبنائي طلاب العلم ... والذين من أجلهم ... ومن أجل
المستقبل السعيد عشت ...

إليكم جميعاً

أهدى هذا الجهد المتواضع ... دائماً لكم ول من الله التوفيق ؟

المؤلف

محتويات الكتاب

الباب الأول

مقدمة

١	... ..	الصرف (Drainage)
١	... ..	كيف تتم عملية الصرف ؟
	... ..	أ - الصرف بواسطة غور أو اقترام الهواء
١	(Drainage by air invasion)	
٢	(Drainage by consolidation)	ب - الصرف بواسطة التماسك
٢	(Drainage by desiccation)	ج - الصرف عن طريق التجفيف
٣	... ..	د - الصرف البيولوجي (Biological drainage)
٣	(Drainage by gravity)	هـ - الصرف بواسطة الجاذبية الأرضية
٣	(Capillary drainage)	و - الصرف عن طريق الخامة الشعرية
٤	... ..	نبذة تاريخية
٦	... ..	أ - الأعمال الصناعية في ج.ع.م
٨	... ..	ب - الري المستديم والمشروعات الكبرى على النيل
١٠	... ..	ج - بعض مشروعات الحاضر والمستقبل في وادي النيل
١١	... ..	أمر نظام الري المستديم بالنسبة للصرف في ج.ع.م
	... ..	دلائل ظهور مشاكل الصرف
١٤	(Indications of drainage problems)	
١٥	... ..	استعمل على الباب الأول

صفحة

الباب الثاني

١٧	بعض المعلومات العامة عن الصرف
١٧	أسباب الصرف وأغراضه
١	١ - في المناطق الرطبة والتحت رطبة
١٨	(Humid and subhumid regions)
١٨	ب - في المناطق الجافة والنصف جافة تحت الإصلاح
١٩	(Arid and semiarid regions)
٢٠	ج - في المناطق الجافة والنصف جافة التي تم استصلاحها
٢١	الأمور الناتجة من ارتفاع منسوب مياه الأرض :
٢١	١ - بالنسبة للإنسان
٢١	ب - بالنسبة للحيوان والطيور
٢٢	ج - بالنسبة للنبات
٢٨	د - بالنسبة للحشرات
٢٨	هـ - بالنسبة لأتربة ...
٢٨	١ - بناء التربة
٢٩	٢ - تهوية التربة
٣١	٣ - حرارة التربة
٢٢	٤ - تركيز الأملاح
٣٤	هـ - أعمال الميكنة الزراعية

ملحة

- ٣٥ :تباثح الصرف (Drainage Investigations)
- ٣٧ أولاً - استطلاع الحقل (Reconnaissance)
- ٣٨ ملاحظات عامة
- ٤٠ :أانيا - المباحث التحت سطحية (Subsurface investigations)
- ... ١ - صفات التربة لاسياً الخاصة بنقل وتوصيل المياه
- ٤٠ (Transmission properties of soil)
- ٤٤ ب - سمك طبقات التربة
- ٤٦ ثالثاً - دراسات موارد المياه
- ٤٧ ١ - تساقط المياه (Precipitation)
- ٤٧ ب - مياه الري
- ٤٨ ج - الرشع
- ٤٨ د - الضغط الهيدروستاتيكي
- ٤٨ هـ - دراسات المياه الأرضية
- ٤٩ ١ - خرائط مناسيب سطح الماء الأرضي ...
- ٢ - خرائط العمق حتى منسوب الماء الأرضي ...
- ٤٩ (Water - Table Isobath maps)
- ٥١ ٣ - خرائط العمق حتى الطبقة المياه ...
- ٤ - قطاعات أوروبيلات منسوب الماء الأرضي ...
- ٥١ (Water - Table Profiles)
- ٥١ ٥ - قطاعات أوروبيلات بيزومترية ...
- ٥١ (Piezometric profiles)
- ٥٢ ٦ - الهيدروجرافات

المبحث

- ٥٢ رأيا - أنواع ثقوب الملاحظة (Observation holes) أو الرصد ...
- ٥٢ أ - حفرة البريمة أو الأوجر (Auger holes) ...
- ٥٣ ب - البيزومتريات (Piezometers) ...
- ٥٦ ج - آبار الرصد أو الملاحظة (Observation wells) ...
- ٥٩ أنواع الصرف ...
- ٥٩ أولاً : الصرف السطحي ...
- ١ - تشكيل أو تحديد أو تسوية سطح الأرض ...
- ٦٠ Land forming or grading or smoothing)
- ٦١ ب - تقسيم المساحة إلى مهاد (Bedding) ...
- ٦٢ ج - عمل مصاطب الصرف (Drainage terraces) ...
- ٦٤ د - عمل مصارف مكشوفة أو مفتوحة ...
- ٦٤ ثانياً : الصرف المنطى ...
- ٦٥ ثالثاً : الصرف الرأسى أو بالآبار ...
- ٦٥ المشكلات المحددة لأنواع الصرف ...
- ٦٧ كيفية وصول المياه إلى المصارف ...
- ٦٧ أولاً : أنواع المياه الأرضية ...
- ٦٧ ١ - تصنيف بريجج (Briggs, L.J.) ...
- ٦٧ ١ - الماء الجيولوجى ...
- ٦٧ ٢ - الماء الشرى ...
- ٦٧ ٣ - الماء الحرة ...

صفحة

- ٧٠ ب - تقسيم ليبيديف (Lebedev, A F)
- ٧٠ ١ - بخار الماء
- ٧٠ ٢ - المياه الجيروسكوبية
- ٧٠ i - التكثف الجزيئي (Molecular condensation)
- ٧١ ii - التكثف الحراري (Thermal condensation)
- ٧١ ٣ - الماء القشري (Pellicular water)
- ٧٢ ٤ - مياه الجاذبية الأرضية (Gravitational water)
- i - مياه جاذبية ذات سطح مفتوح
- ٧٢ (Gravity or vadose waters with on open surface)
- ٧٢ ii - مياه محدودة (Confined waters)
- ٧٣ المياه القعرية
- ٧٣ a) المياه المعلقة (Suspended waters)
- b) مياه التقاطعات
- ٧٤ (Interstice waters or water ouffs)
- ٧٤ c) مياه الأعمدة الشعرية (Capillary fringe water)
- ٧٤ ٥ - المياه في الحالة الصلبة
- ٧٤ ٦ - المياه الكريستالية (Crystalline water)
- ٧٥ (Chemically bound water) ٧ - المياه المقيدة كيميائياً
- ٧٦ ثانياً : القوى المسببة لحركة المياه الأرضية في التربة
- ٧٦ ١ - قوى كهروجزئية (Electromolecular forces)
- ٧٨ ٢ - قوى كيميائية (Chemical forces)

صفحة

٧٨	...	...	٣ - قوى شعرية (Capillary forces)
٧٨	...	...	٤ - قوى الضغط (Pressure forces)
٧٩	...	...	قوى الجاذبية الأرضية (Gravity forces)
٧٩	...	...	١١ - حركة المياه في التربة
٨٠	...	...	أ - قانون دارسي (Henry Darcy's law)
٨٤	...	...	ب - قانون شيزي (Sheszy's law)
٨٤	...	...	ج - معادلة بروني (Prony's equation)
٨٥	...	...	د - معامل التوصيل الهيدروليكي (K)
٨٨	...	...	هـ - قياس معامل التوصيل الهيدروليكي
٨٨			١٠ - جهاز قياس النفاذية (Field core permeameter)
٨٩			٧ - طريقة حفرة البريمة أو الأوجر (Auger hole method)
٩٤	...	...	٢ - طريقة البيزومتر (Piezometer method)
			٤ - تحديد معامل التوصيل الهيدروليكي في حالة حركة المياه خلال تربة غير مغبرة أو معامل التوصيل الشعري
٩٧	...	...	(Capillary Conductivity)
٩٧	...	...	١ - من المادة رقم ١٨
٩٨	...	...	١١ - من المخطى بالشكل ٣٢
	...	...	٥ - جهاز قياس معدل صعود الماء في خفرة
٩٩	...	...	(Infiltrimeter)

صفحة

و - معامل التوصيل الهيدروليكي المركب الأفقي	٩٩
(Composite Horizontal Hydraulic Conductivity)	١٠٩
ز - معامل التوصيل الهيدروليكي المركب الرأسي	١٠٦
(Composite Vertical Hydraulic Conductivity)	١٠٥
ح - تحديد المناطق الحاجزة (Barrier Zones)	١٠٧
ط - بعض الترميمات لمعامل التوصيل الهيدروليكي	١١١
ي - قياس المساحة الصرفية	١١٣
ك - معادلة لابلاس (Laplace's equation)	١١٤
تطبيق	

معامل الصرف أو حقن الصرف

(Discharge Factor or Drainage Duty or Coefficient)	١١٥
١ - تعريف	١١٥
٢ - معامل التصريف طبقا لمعامل الصرف	١١٥
٣ - تقدير كمية مياه الصرف	١١٥
٤ - تقدير مياه الصرف	١١٥
٥ - تقدير كمية مياه الصرف	١١٥
٦ - تقدير مياه الصرف	١١٥
٧ - تقدير مياه الصرف	١١٥
٨ - تقدير مياه الصرف	١١٥
٩ - تقدير مياه الصرف	١١٥
١٠ - تقدير مياه الصرف	١١٥

صفحة	
١٢٠	٣. الفاقد من الجطل أوز الدرجة
١٢١	ب - الاحتياجات الفسيلية
١٢١	١. معادلات التوازن المائي والملحي
١٢٣	٢. حساب كليات مياه الصرف لفترة زمنية طويلة
	٣. حساب كليات مياه الصرف لأيوم زراعي معين أو لفترة
١٢٦	زمنية قصيرة
١٢٨	ج - الشروط أو الحالات البيديولوجية
١٢٨	وابعاً - حساب مقنن الصرف
١٢٨	١ - العلاقة بين مياه الري أو المطر والبخر ومياه التخزين
١٢٩	تحديد معامل التخلل بواسطة جهاز التخلل (Infiltrometer)
١٣٢	ب - حساب مقنن الصرف
١٣٢	مثال
١٣٤	مخرج مياه الصرف
١٣٤	تشغيل وصيانة مشروعات الصرف
١٣٤	أولاً - أعمال التشغيل
١٣٦	ثانياً - أعمال الصيانة
١٣٩	أسئلة على الباب الثاني

صفحة

الباب الثالث

المصارف المكشوفة أو المفتوحة

(Open Drains)

١٤٥	تقسيم المصارف المكشوفة بالنسبة لأحجامها
١٤٦	١ (مصارف حقلية
١٤٦	ب) مصارف عامة
١٤٦	تخطيط المصارف
١٤٦	١ (في حالة الأراضي التمرجة
١٤٧	ب) في حالة أرض متحدرة بانتظام في اتجاه واحد
١٤٧	١. إذا كان الانحدار كبيرا
١٤٧	٢. الانحدار بسيط
١٤٨	ج) أراضي مناطق الاستصلاح
١٥٢	د) مناطق يزيد فيها الرشح نتيجة وجود طبقة صماء تحت التربة...
١٥٣	هـ) تخطيط المنحنيات
١٥٤	تحديد المسافة بين المصارف المكشوفة
١٥٤	نظرية ديوي فورشمير (Dupuit Forchheimer) وقانون دونان (Donnan)
١٦١	أحماض المصارف

صفحة

نتائج عامة لبعض التجارب	...	...	...	...	...	١٦٢
انحدارات التماخ في المصارف	...	...	...	...	...	١٦٥
١ - انحدار سطح الأرض من ٥ - ٢٠ سم/كيلومتر طول	...	...	...	...	...	١٦٥
ب - انحدار سطح الأرض بسيط جدا أو الأرض شبه مستوية السطح	...	...	...	...	...	١٦٩
٢ - انحدار سطح الأرض أكبر من ٢٠ سم/كيلومتر	...	...	...	...	...	١٦٩
٥ - قواعد عامة	...	...	...	...	...	١٦٩
الميل الجانبية	...	...	...	...	...	١٧٠
الدياگرام المائي (Water or Synoptic Diagram)	...	...	...	...	...	١٧٤
قطاعات المصارف	...	...	...	...	...	١٧٦
أولا : أشكال القطاعات	...	...	...	...	...	١٧٦
ثانيا : فوائد عمل الجسر والمسطح	...	...	...	...	...	١٨٠
ثالثا : حساب أبعاد نطاخ المصرف وتصرفه	...	...	...	...	...	١٨١
١ - بالنسبة لمعارف المراجعة : لزراعة (أو الزوايق)	...	...	...	...	...	١٨٩
ب - بالنسبة للمصارف ذات الحجم الكبير	...	...	...	...	...	١٨١
ج - تحديد التصرف في حالة الجريان السطحي	...	...	...	...	...	١٨٨
١ - جريان المياه السطحي بفعل العواصف المطرية	...	...	...	...	...	١٨٨
٢ - شدة المطر وفترة استمراره وتردده	...	...	...	...	...	١٨٩
٣ - معايير انفااض (Runoff modulus)	...	...	...	...	...	١٨٩
٤ - فترة التركيز (Time of concentration T_c)	...	...	...	...	...	١٨٩

صفحة

١٩١	٥٥	الطريقة العقلية أو السببية (Rational method) ...
١٩٤	٦	قانون تالبوت (Talbot)
١٩٤	٧	٥٧. معاداة بركل - زيغلر (Burkli - Ziegler) ...
١٩٥	٨	٥٨. معاداة مكاث (McMath)
١٩٧		بعض الأعمال الصناعية... ..
١٩٧		أولاً : الجراج (Culverts)
١٩٧	١	أ - جراج على هيئة صندوق مغلق من الخرسانة ...
٢٠١	ب	ب - جراج على هيئة مواسير
٢٠١	١	١ - من الخرسانة المسلحة أو العادية
٢٠١	٢	٢ - مواسير من مواد مختلفة
٢٠٢	i	i = الضغط الداخلي على المواسير
٢٠٣	ii	ii = الاحمال الرأسية الناتجة عن الروم
٢٠٧		ثانياً : السحارات (Syphons)
٢١٠	١	١ - أنواع النفذ :
٢١٠	١	١ - الفاقد في المدخل (Inlet)
٢١٠	٢	٢ - الفاقد في الانحناءات (Bends)
٢١١	٣	٣ - الفاقد في الكروخ (Elbows)
٢١١	٤	٤ - الفاقد عند المخرج (Exit)
٢١٣	٥	٥ - الفاقد نتيجة الاحتكاك

صفحة	
٢١٢	ب - أنواع السحارات :
٢١٢	١ - سحارات من الطوب
٢١٣	٢ - سحارات من الحديد الصلب على شكل مواسير
٢١٤	٣ - مواسير من الخرسانة العادية أو المسلحة
٢١٤	ثالثا : البدالات (Aqueducts)
٢١٥	رابعا : مصبات النهاية (Tail Escapes)
٢١٥	خامسا : المداخل (Inlets)
٢١٧	سادسا : مساقط المياه
٢١٧	طرق قياس التصريف :
٢١٧	أولا : مسيلات المياه (Flumes)
٢٢١	ثانيا : قياس التصريف باستعمال الثقوب والفتحات والمخاريط
٢٢١	١ - الثقوب الصغيرة (Small orifices)
٢٢٢	٢ - الثقوب الواسعة (Large orifices)
٢٢٣	٣ - الثقوب الغاطسة (Submerged)
	٤ - الثقوب الغاطسة جزئيا
٢٢٤	(Partially drowned or submerged orifices)
٢٢٥	٥ - سرعة التقارب (Velocity of approach)
	٦ - الفتحات المستطيلة أو على شكل U
٢٢٦	(Rectangular notch)

صفحة

٢٢٦ (V-notch) الفتحات المثلثة

٨ - الفتحات المستطيلة غير ذات الاختناق المتبني أو ذات

الاختناق المطموس (Rectangular weir without

٢٢٧ end contraction i.e suppressed contraction)

٩ - هدار على هيئة شبه منحرف (Trapezoidal weir)

١٠ - هدار سيبولتي (Cippoletti weir)

١١ - هدار مدرج (Stepped weir)

١٢ - هدار على هيئة قطع مكافئ* (Parabolic weir)

١٣ - هدار سترو ذو التصرف المتناسب مع الضاغط ...

٢٢٩ (Propotional flow of Sutrø weir)

١٤ - هدار غارق (Drowned weir)

١٥ - هدار ذو القاعدة المربعة (Broad crested weir)

١٦ - هدار ذو موجة واقفة (Standing wave weir)

١ - مسيلات سامية (Humped-flume) ...

ii - مسيلات أفقية (Hoizontal — flume) ...

iii - مسيلات مرتفعة (Recessed — flume) ...

١٧ - هدار التيوم

١٨ - هدار معررى ذو موجة واقفة

١٩ - هدار ساكب (Spillway weir)

ثالثا: قياس التصريف بعد تحديد السرعة بمختلف أجزاء النطاق

المرضى

٢٣٧	... ..	رابعاً : قياس التصرف بعد تحديد السرعة بالمعاملات ...
٢٣٨	... ..	خامساً : الطرق الكيماوية ...
٢٣٩	... ..	استة على الباب الثالث ...

الباب الرابع

٢٤٤ المصارف المغطاة (Tiles)

٢٤٤	... ..	مقدمة ...
٢٤٥	... ..	مزايا الصرف المنطى ...
٢٤٧	... ..	عيوب وعطار الصرف المنطى ...
٢٤٨	... ..	أنواع مجارى ومواسير الصرف المنطى ...
٢٤٨	... ..	أ. مواسير فخار ...
٢٤٩	... ..	ب. مواسير أحميتية أو خرسانية ...
٢٤٩	... ..	ج. مواسير مخرمة (Perforated) ...
٢٥٠	... ..	د. مصارف المدل أو الثقوب الأفقية ...
٢٥٠	... ..	هـ. مصارف فرنسية (French drains) ...
٢٥١	... ..	تحديد أطوال وصلات ...
٢٥٧	... ..	تحديد الفواصل (Cracks) بين وصلات المصارف المنطاة ...
٢٦٠	... ..	الاختبارات التى تجرى على المواسير ...

صفحة

٢٦٠	...	...	...	...	...	اختبارات كياوية
٢٦١	...	...	...	...	...	ب، اختبارات قياسية
٢٦١	...	...	...	...	...	ج، اختبارات طبيعية
٢٦٢	...	...	...	...	...	د، الفحص الظاهري
٢٦٤	...	...	...	...	...	حركة المياه إلى المصارف، النظائر وما إليها
٢٦٤	...	...	...	...	...	١ - حركة المياه في تربة متجانسة مشبعة بالمياه حتى سطح الأرض
٢٦٥	...	...	...	...	...	ب - حركة المياه في تربة غير متجانسة
٢٦٦	...	...	...	...	...	وصلات المواسير
٢٦٦	...	...	...	...	...	١ - وصلة منفصلة أو عادية (Plain)
٢٦٧	...	...	...	...	...	ب - وصلة متداخلة (Pipes with Bell - and - spigot)
...	...	...	...	...	...	ج - نوع آخر من الوصلات المتداخلة
٢٦٨	...	...	...	...	...	( Pipes with Tongue - and - groove ends)
٢٦٩	...	...	...	...	...	و - فرشاة بطول المواسير النصف أسطوانية
٢٦٩	...	...	...	...	...	هـ - ماسورة بحلبة
٢٧١	...	...	...	...	...	المرشحات: ...
٢٧٢	...	...	...	...	...	أولاً: احتياجات المرشح أو الغلاف الزاقي
٢٧٢	...	...	...	...	...	ثانياً - حجم حبيبات المرشح:
٢٧٢	...	...	...	...	...	١ - غير متساوية يعمل بها في إلينوى (Illinois)

صفحة

٢٧٤	... ..	ب - النسب الخرجية لبرتران (Bertran)
...	... ..	ج - معادلات لينرود وبيترسن
٢٧٤	... ..	(Leatherwood and Peterson)
٢٧٤	... ..	د - مواصفات مكتب الاستصلاح الأمريكي
٢٧٤	...	١ - المرشحات منتظمة الحجم (Uniform grain - size)
٢٧٥	... ..	٢ - المرشحات ذات الحبيبات غير حادة الحروف
٢٧٥	... ..	٣ - المرشحات ذات الحبيبات حادة الأطراف
٢٧٧	... ..	٤ - مواد المرشحات
٢٧٨	... ..	٥ - تخطيط المعارف المنطاة وتصميمها
٢٧٨	... ..	أولاً - المباحث والمراعات الحقلية المطلوبة
٢٨٠	... ..	ثانياً - أعمال التصميمات اللازمة لفبكة الصرف
٢٨١	... ..	٦ - أنواع تخطيط المعارف المنطاة
٢٨١	... ..	١ : أراضي مستوية السطح أو قليلة الانحدار
٢٨١	... ..	٢ . تخطيط متقابل
٢٨١	... ..	٣ . تخطيط متبادل
...	...	ب أرض غير مستوية أو مغموب المياه الأرضية
٢٨٢	... ..	فيها غير منتظم
٢٨٢	... ..	١ . الطريق الطبيعية أو العقوائية

صفحة

٢٨٢	...	...	...	٢ . طريقة هيكل أو نظام السمكة
٢٨٥	...	...	...	٣ . طريقة التجميع
٢٨٥	...	...	...	٤ . طريقة الشبكة
٢٨٦	...	...	...	٥ . طريقة المصارف القاطمة
٢٨٧	...	...	...	وإجمالاً - ملاحظات عامة ...
٢٩٣	...	...	...	تعدد عمق مواسم الصرف ...
٢٩٨	...	...	...	تأثير البخر على عمق المصارف ...
٣٠٢	...	...	...	تحديد المسافات بين الخليات أو المصارف ...
٣٠٢	...	...	...	أولاً : مقدمة :
٣٠٥	...	...	...	أ - قانون بيل ...
٣٠٧	...	...	...	ب - القانون التقريبي ...
٣٠٨	...	...	...	ثانياً : بعض الدراسات الخاصة بالمسافات بين المصارف
٣٠٨	...	...	...	١ - دراسة شيلفجارد ومساعدوه ١٩٥٣
٣٠٨	...	...	...	١ معادلة جلوفر
٣١٠	...	...	...	٢ . طريق هوخ أوت وفان دير
٣١٠	...	...	...	٢ معادلات شيلفجارد عام ١٩٦٣
٣١٢	...	...	...	٤ - معادلة شيلفجارد عام ١٩٥٥
٣١٢	...	...	...	ب - معادلة هوخ أوت ...
٣١٤	...	...	...	مثال

صفحة

٣١٧ ... نموذج رام أولست و بومان (Ernest & Baumann)

٣١٧ معادلة أولست :

٣١٩ $\frac{K_2}{K_1} \geq 20$ ١ - المصرف يقع في الطبقة العليا والنسبة

٣١٩ $\frac{K_2}{K_1} < 20$ ٢ - المصرف يقع في الطبقة العليا والنسبة

٣٢٠ الحد الفاصل بين الطبقتين ..

٣٢٠ الطبقة السفلى

٣٢١ حالة التربة المتجانسة

٣٢٢ معادلة كيركهام (Kirkham)

٣٢٢ التربة متجانسة

٣٢٢ تربة ذات طبقتين مختلفتين أو تربة متجانسة

٣٢٥ معادلات حماد

٣٢٥ حالة التدفق المنتظم :-

٣٢٦ $\frac{D}{S} < \frac{1}{4}$ ١ - في حالة $\left(\frac{D}{S}\right)$ صغيرة أى

٣٢٦ ... $\frac{D}{S} > \frac{1}{4}$ ٢ - في حالة $\left(\frac{D}{S}\right)$ كبيرة أى

٣٢٧ حالة التدفق الغير منتظم أو الغير ثابت

٣٢٧ تأثير عامل البخر :-

٣٢٧ حالة $D > \frac{S}{4}$

صفحة

٢٢٨ $D < \frac{S}{4}$ الحالة

٢٢٨ ز - معادلة شامين

٢٢٩ ح - معادلة سعد الحنفي

٢٣٠ ط - معادلة حاصر :

٢٣٠ ١ - إذا كانت $\frac{d}{S}$ صغيرة

٢٣١ ٢ - إذا كانت $\frac{d}{S}$ كبيرة

٢٣١ ٣ - مثال

٢٣٣ ي - معادلة لوثن Lothn

٢٣٤ ك - معادلة دم Durrum

٢٣٥ ل - طريقة مكتب الاستصلاح الأمريكي

٢٣٩ تمرين

٢٤١ أقطار مواسير المصارف وأطوالها

٢٤١ أولا : مقدمة

٢٤٢ ثانيا : تحديد مساحة قطاع الحفليات (a)

٢٤٣ ثالثا : حساب معامل الصرف وتصريف المصرف :

٢٤٤ ١ - طريقة وزارة الري المصرية..

٢٤٦ ب - تحديد تصريف المصرف من الرشح العمق : -

صفحة

١ - المصرف بعيد فوق الطبقة الصماء	٢٤٦	...	...	...
٢ - المصرف فوق الطبقة الصماء مباشرة	٢٤٧	...	...	...
٣ - تحديد تصرف المصرف من رشح مناطق مرتفعه مجاورة	٢٤٧	...	...	...
مثال	٢٤٨	...	...	...
٥ - تصرف المصرف من مياه الري أو الأمطار	٢٤٩	...	...	...
رابعا - تحديد مساحة قطاع المجموع :	٢٥٠	...	...	...
١ - الطريقة الأولى :	٢٥١	...	...	...
١ - معادلة تشيزي	٢٥١	...	...	...
2 - من قانون مانج	٢٥٢	...	...	...
ب - الطريقة الثانية باستخدام معادلة فيسر (Vissar)	٢٥٤	...	...	...
٣ - باستعمال نموذج جرام فيسر	٢٥٤	...	...	...
د - معادلة بونسييه (Poncele)	٢٦١	...	...	...
هـ - معادلة إليوت (Elliott)	٢٦١	...	...	...
و - معادلة وليامز هازن (Williams - Hasen)	٢٦٢	...	...	...
ز - معادلة وزارة الزراعة الأمريكية	٢٦٣	...	...	...
ح - من الجدول بمعرفة المساحة أو الإمام	٢٦٣	...	...	...
ط - باستعمال الرسم البياني بشكل ١٥٢ للأقطار الكبيرة	٢٦٢	...	...	...
ي - باستعمال الرسمين البيانيين بشكل ١٥٤ ، ١٥٥	٢٦٧	...	...	...
خاصا - أطوال موازين الصرف والسرعات المسموح بها	٢٦٨	...	...	...

٢٧٠	...	...	...	آلات خمر ووص مواسير المصارف المنطاة
٢٧٩	...	...	...	مزايا تنفيذ مواسير الصرف من الترمويلاستك بالمكينات
٢٧٩	...	...	...	العوامل التي تؤثر على معدل رم مواسير الصرف المنطى
٢٧٧	...	...	...	بعض الأعمال الصناعية اللازمة لتعبئة الصرف المنطى
٢٧٧	...	...	...	أ - غرف التفريش...
٢٨٠	...	...	...	ب - غرف أو سناديق الاتصال
٢٨١	...	...	...	ج - علامات استدلال
٢٨١	...	...	...	د - نهاية الخطابات...
٢٨٢	...	...	...	هـ - أعدة الذيل...
٢٨٢	...	...	...	و - مضبات المجمعات أو مغارها...
٢٨٧	...	...	...	ز - الداخل السطحية
٢٨٨	...	...	...	ح - أحواض الترسيب للمصارف كبيرة الحجم
٢٨٩	...	...	...	ط - إنشاءات للتحكم في مناسيب المياه
٣٩٥	...	...	...	ي - منفس أو ماسورة تهوية
٣٩٠	...	...	...	ك - نموذجى اتصال حقل بمجمع لأقطار مختلفة
٣٩٣	...	...	...	انحدارات المصارف المنطاة
٣٩٢	...	...	...	أولاً : الخفليات
٣٩٣	...	...	...	أ) فى الأراضى المنبسطة
٣٩٣	...	...	...	ب) فى الأراضى ذات السطح المنحدر
٣٩٣	...	...	...	ثانياً : المجمعات...

~ باب ~

صفحة

٣٩٤	... ..	ثالثا : ملاحظات عامة بالنسبة لانحدارات المصارف المنطاة
٣٩٥	...	مصارف الحفار أو المول (Mole Drains) القنوب الآقية
٣٩٩	... ..	تنفيذ ووضع المصارف المنطاة
٤٠١	... ..	نبات قاع المصرف تحت الحراسير
٤٠٤	... ..	أسئلة على الباب الرابع

الباب الخامس

٤٠٩ الصرف الرأسي أو الآبار

٤٠٩	... ..	مقدمة
٤١٠	... ..	الأغراض التي يحققها الصرف الرأسي
٤١٠	... ..	الشروط الواجب تفرها لاستخدام الصرف الرأسي
٤١٢	... ..	العوامل التي تؤثر على اقتصاديات الصرف الرأسي
٤١٢	... ..	أنواع الآبار الرأسية:
٤١٢	... ..	١- آبار رأسية ترفع منها المياه بالطلبات :
٤١٣	... ..	١- آبار غير عميقة (Well Points)
٤١٤	... ..	٢- آبار عميقة . .
٤١٥	... ..	ب- آبار تحتية (Down wells)

صفحة

٤١٥	... ..	٤- آبار الشحن (Recharge wells) أو الآبار المملوءة (Inverted wells)
٤١٦	... ..	٥- آبار تخفيف أو نفريج (Relief wells)
٤١٦	... ..	٥- آبار إكية (Weeping wells)
٤١٧	... ..	دراسة احتياجات تصميم آبار الصرف
٤١٧	... ..	تصميم الخزانات الأرضية
		العلاقات بين منسوب الماء الأرضي وتصرف البئر ومعامل التوصيل الهيدروليكي
٤١٩	... ..	أولاً : حالة خزان أرضي محدود أو مغلق أو محبوس
٤١٩	... ..	(Confined aquifer)
٤٢٦	... ..	١ - تحديد معامل التوصيل الهيدروليكي للطبقات الحاملة للمياه
		ب - معادلة تود (Todd) في حالة اختراق البئر جزئياً للخزان الجوفي
٤٢٦	... ..	ثانياً : حالة خزان أرضي مفتوح أو غير محدود
٤٢٧	... ..	(Open or Unconfined aquifer)
٤٢٩	... ..	١ - فواقد البئر
٤٣١	... ..	ب - تصحيح (E) بطريقة فروشهايمر
٤٣٣	... ..	ج - تصحيح (K) بطريقة بوسكات
٤٣٤	... ..	٢ - حساب (K) بطريقة تود (Todd)
٤٣٥	... ..	٣ - حساب (K) بطريقة بابوشكين (Babushkin)

صفحة

٤٣٦	قانون عدم التبادل (Nonequilibrium formula)	
٤٣٨	طريقة الميل المزدوج	... ..
٤٣٩	ثالثاً - حالة خزان نصف محدود	... ..
٤٤١	المسافة بين الآبار	... ..
٤٤١	حركة المياه الأرضية :	... ..
٤٤٢	أ. معادلة دارسى	... ..
٤٤٢	ب. معادلة هازن	... ..
٤٤٣	ج. معادلة ولختر	... ..
٤٤٤	جهاز ولختر لقياس السرعة	... ..
٤٤٦	طريقة تايم لقياس معامل التوصيل الهيدروليكي	... ..
٤٤٧	مثال	... ..
٤٤٨	ملخص لتصميم واستعمال الآبار وأجرائها	... ..
٤٤٨	(أ) المصافي	... ..
٤٥٠	ب) سعة البئر أو قدرته	... ..
٤٥١	ج) السحب داخل الآبار	... ..
	د) العلاقة بين الحجم الفعال ومعامل الانتظام أو التجانس	
٤٥٣	والخضوع الزلزلى	... ..
٤٥٤	هـ) حجم أو قطر البئر	... ..
٤٥٥	و) اعتبارات تصميم الطلابة وكفاءتها	... ..
٤٥٥	ز) تسمية البئر	... ..

صفحة

٤٥٥	...	...	...	...	...	...	الفرض عليها
٤٥٦	...	...	...	...	...	...	طرق تنمية البئر
٤٥٨	...	...	...	...	...	...	أسئلة على الباب الخامس
٤٦١	...	...	.....	...	...	...	المراجع

فهرس الجداول

صفحة

جدول ١-١ : تأثير فترة رفع منسوب الماء الأرضى إلى أعماق مختلفة	٢٤
٢٤ على محصول الشعير	
جدول ١-٢ : بعض نتائج زيادة محصول النخلة بعد تنفيذ شبكة	٢٥
٢٥ الصرف المنعطف فى بعض مناطق دلتا النيل	
جدول ١-٣ : الأملاح المزاحة بعد تنفيذ المصارف المنطاة بفترة	٢٦
٢٦ ثلاث سنوات	
جدول ١-٤ : (Desalination of saline parts of the Embabe	٢٧
٢٧ and Belbeis Surface soil)	
جدول ١-٥ : (Desalination of saline parts of the Embabe	٢٧
٢٧ and Belbeis Surface soil)	
جدول ٢ : الارتفاع الشعرى لأنواع أراضي مختلفة	٢٩
٢٩ جدول ٣ : للنسب المثوية بالوزن للماء الشعرى والماء اليجروسكوبى	
٢٩ لأنواع تربة مختلفة	
٢٩ جدول ٤ : قيم (K) لأعماق مختلفة من المياه الأرضية	١٠١
١٠١ جدول ٥ : قيم (K) لأنواع تربة مختلفة	١٠٧
١٠٧ جدول ١-٦ : قيم (K) لمواد مختلفة	١٠٨
١٠٨ جدول ٦-٢ : قيم (K) لمواد مختلفة	١٠٨
١٠٨ جدول ٧ : قيم (K) لأنواع تربة مختلفة	١٠٩

صفحة

جدول ٨ :	بعض قيم (K) بأواحد ج.م.	١١٠
جدول ٩ :	تقسيم نيل لدرجات النفاذية والتوصيل الهيدوليكي	١١١
جدول ١٠ :	قيم (O) لأنواع مختلفة من المواد	١١٩
جدول ١١ :	بعض القيم لمعامل كفاءة النسيل (I)	١٢٢
جدول ١٢ :	نسبة المياه المتخلطة - ملحق الأرض إلى مياه الأمطار لأنواع مختلفة من التربة	١٢٩
جدول ١٣ :	تحديد المسافة بين المصارف لقيم مختلفة لمعامل التوصيل ولا عمق ٣، ٤، ٥	١٦٠
جدول ١٤ :	أعماق ومسافات المصارف في أنواع تلفة من التربة	١٦٧، ١٦٦
جدول ١٥ أ - ب :	بعض قيم الميول الجانبية لأنواع مختلفة من التربة	١٧٣
جدول ١٥ ب :	بعض قيم الميول الجانبية لأنواع مختلفة من التربة	١٧٤
جدول ١٦ :	بعض قيم (II) في حالات مختلفة لقطاع المصرف	١٨٤
جدول ١٧ :	العلاقات بين عرض القاع وعمقه لميول جانبية مختلفة من أجل الكفاءة العظمى لقطاع المصرف	١٨٦
جدول ١٨ :	بعض قيم السرعات المدحوب بها حسب المتبع بمكتب الاستصلاح الأمريكي	١٨٦
جدول ١٩ :	بعض قيم السرعات المسموح بها حسب نوع التربة	١٨٧
جدول ٢٠ :	بعض قيم لـ (P) لمتلقة انحدارها ٥ ٪ وطولها ضعف عرضها المتوسط	١٩١

صفحة	
١٩٣	جدول ٢١ : بعض قيم (C) لأسطح مختلفة من الأرض
	جدول ٢٢ : بعض قيم (C) حسب عوامل الصرف المختلفة التي
١٩٦	تعتمد عليها
	جدول ٢٣-١ : الاحمال على المواسير للقدم الطول بسبب الردم مع
٢٠٨	استعمال مواد مختلفة
	جدول ٢٣-ب : الاحمال على المواسير للقدم الطول بسبب الردم مع
٢٠٩	استعمال مواد مختلفة
٢١١	جدول ٢٤ : بعض قيم (C) ثابت تقوس الانحناء
٢١١	جدول ٢٥ : بعض قيم زاوية التكوخ (θ)
٢١٧	جدول ٢٦ : استعمالات لإنشاءات مسافات المياه
	جدول ٢٧ : أبعاد وتصرف مسيل المياه من نوع (Parshall flume)
٢٢٠	لعروض اختناق مختلفة
٢٢٣	جدول ٢٨ : نسبة الخطأ في معاملة الفتحة المربعة كفتحة صغيرة
٢٢٣	جدول ٢٩ : انخفاض التصرف مع زيادة الناقص
	جدول ٣٠ : قيم S_2 ، S_3 لتحديد الفواصل بين وصلات المصارف
٢٥٩	المخطئة
	جدول ٣١ : قوى السحب المسموح بها لمواسير المصارف المختلفة
٢٦٢	بالرابط
٢٧٢	جدول ٣٢ : كسرج المواد الراشحة

٢٧٤

جدول ٢٣ : كمجرج المواد الراشحة

جدول ٢٤ : مقتات الرى والصرف بمناطق مختلفة فى ج.ع.م ..

جدول ٢٥ : قيم (m) لأنواع مختلفة من المراسير

جدول ٢٦ : حساب أقطار وأطوال المجمعات بانحدار متوسط ٢ سم /

١٠٠ متر وأطوال حقلية ٢٠٠ متر ومعامل صرف ٤ مم /

يوم (مناطق زراعه أوز) ٢٥٥

جدول ٢٧ : حساب أقطار وأطوال المجمعات بانحدار متوسط ٣ سم /

١٠٠ متر وأطوال حقلية ٢٠٠ متر ومعامل صرف ٢ مم / يوم ٢٥٦

جدول ٢٨ : حساب أقطار وأطوال المجمعات بانحدار متوسط ٥ سم /

١٠٠ متر وأطوال حقلية ٢٠٠ متر ومعامل صرف

٤ سم / يوم ٢٥٧

جدول ٢٩ : حساب أقطار وأطوال المجمعات بانحدار متوسط ٥ سم /

١٠٠ متر وأطوال حقلية ٢٠٠ متر ومعامل صرف

٢ مم / يوم ٢٥٨

جدول ٣٠ : حساب أقطار وأطوال المجمعات بانحدار متوسط ٧,٥ سم /

١٠٠ متر وأطوال حقلية ٢٠٠ متر ومعامل صرف

٤ مم / يوم ٢٥٩

جدول ٣١ : حساب أقطار وأطوال المجمعات بانحدار ٧,٥ سم / ١٠٠

متر وأطوال حقلية ٢٠٠ متر ومعامل صرف ٢ مم / يوم ٢٦

— ك ك —

صفحة

جدول ٤٢ : معامل (O) لمادة إلبوت	٣٦٢
جدول ٤٣ - أ : المساحات بالإيكرائي يعرفها المصرف بمعرفة اتحاده	
ونقطه الداخل	٣٦٤
جدول ٤٣ - ب : المساحات بالفدان التي يعرفها المجمع بمعرفة اتحاده	
ونقطه الداخل في حالة معامل صرف ٤ مم/يوم و ٢ مم/يوم	٣٦٥
جدول ٤٤ : تحديد المعامل (O) لمعامل بوسيلية	٣٩٢
جدول ٤٥ : السرعات اللازمة لرفع حبيبات ومل وزنها	
النهاى ٢٠٦٥	٤٤٩

فهرس الأشكال

صفحة

- شكل ١ : نسبة المواد المعدنية الصلبة والمواد العضوية والهواء والماء
في تربة طبيعية ٢
- شكل ٢ : معدل نمو الجذور لنباتات الفطن عند درجات حرارة مختلفة
مع ثبات الضغط جويًا بالنسبة للأكسجين ٣١
- شكل ٣ : تأثير الصرف على حرارة التربة ٣٢
- شكل ٤ : نوموجرام يعطى العلاقة بين كثافة التربة الظاهرية والمسامية
وكثافة حبيبات التربة ٤٢
- شكل ٥ : العلاقة بين الإنتاج النوعي ومعامل التوصيل الهيدروليكي ٤٥
- شكل ٦ : خطوط كتور مستوى المياه الأرضية لشهر سبتمبر ١٩٦٠ ٥٠
- شكل ٧ : بيزومتر غرس في الأرض لتقياس التناقل عند عمق معين ٥٤
- شكل ٨ : بتروصد أو ملاحظة ٥٦
- شكل ٩ : نموذج لرصد الحركة الجانبية للمياه السطحية ٥٧
- شكل ١٠ : طريقة لعمل التسوية في اتجاه واحد ٦٠
- شكل ١١ : طريقة لعمل التسوية في اتجاهين ٦٠
- شكل ١٢ : تقسيم مساحة ما إلى عدة مهورد مع بيان قطاعات المهارى
المساحة للصرف ٦١

- صفحة
- أشكال ١٣، ١٤، ١٥ : بعض القطاعات المختلفة لمصارف بين المصاطب ٦٣
- شكل ١٦ : مياه بين حبيتي تربة تفصلها حبيبة تربة ناعمة ... ٧٣
- شكل ٧ : : بعض أنواع الرطوبة الأرضية ... ٧٦
- شكل ١٨ : تأثير القوى الكهروستاتيكية ضد الفواصل بين الحبيبات الصلبة والمياه ... ٧٧
- شكل ١٩ : القوى اللاصقة والماسكة ... ٧٩
- أشكال ٢٠، ٢١، ٢٢ : توضيح لقانون دارسي في حالة ثلاثة اتجاهات لمرير المياه خلال عينة التربة ... ٨٢، ٨١
- شكل ٢٣ : جهاز لقياس معامل التوصيل الهيدروليكي ... ٨٨
- أشكال ٢٤، ٢٥، ٢٦، ٢٧ : أنواع مختلفة من البركة أو الأوجر ٩١، ٩٠
- شكل ٢٨ : طريقة حفر البركة أو الأوجر لتحديد معامل التوصيل الهيدروليكي ... ٩٢
- شكل ٢٩ : قيم (S) لاستعمالها في المعادلة [١٥] ... ٩٣
- شكل ٣٠ : طريقة البيرومتر لإيجاد (K) ... ٩٥
- شكل ٣١ : كدالة لـ (D)، (W) ... ٩٦
- شكل ٣٢ : العلاقة بين K_w و \bar{w} ... ٩٨
- شكل ٣٣ : حركة المياه أفقياً في تربة ذات ثلاثة طبقات ... ٩٩
- شكل ٣٤ : حفر الأوجر في تربة ذات ثلاثة طبقات ... ١٠٢
- شكل ٣٥ : حركة المياه رأسياً في تربة ذات ثلاثة طبقات ... ١٠٣

ملحة

- شكل ٣٦ : التصرف الداخلى إلى المصارف المنطاة كلها تضيقت نسبة
معامل التوصيل الهيدرولى إلى طبقتى التربة ... ١٠٦
- شكل ٣٧ : جهاز الصندوق الرمل المستعمل فى تحديد المسامية العرفية ١١٢
- شكل ٣٨ : طريق بحده سطحى ماء غطى المنسوب ... ١١٤
- شكل ٣٩ : جهاز قياس التخلل ... ١٣٠
- شكل ٤٠ : العلاقة بين معامل التخلل والزمن ... ١٣٠
- شكل ٤١ : العلاقة بين مياه الري وكية المياه المتسربة إلى التربة ... ١٣١
- شكل ٤٢ : تخطيط المصارف بمنطقة متعرجة ... ١٤٧
- شكل ٤٣ : تخطيط المصارف بمنطقة ذات انحدار شديد ... ١٤٧
- شكل ٤٤ : تخطيط المصارف بمنطقة ذات انحدار بسيط ... ١٤٨
- شكل ٤٥ : تخطيط شبكة الري والصرف داخل الأقسام ... ١٤٩
- شكل ٤٦ : قطعة مقسمة إلى (زابيع) وبها مصارف التربة الرابعة
(الورادى) ... ١٤٩
- شكل ٤٧ : قطاع فى الاراضى الواطئة بين مصرف لاستقبال مياه
الرشح وآخر يجمع ... ١٥٢
- شكل ٤٨ : مصرفين مكشوفين المطلوب إيجاد المسافة بينهما (B) ... ١٥٥
- شكل ٤٩ : العلاقة بين عمق المياه الأرضية والمحصول ... ١٦٣
- شكل ٥٠ : انحدار القاع لبعض أنواع المصارف وأطوالها حيث انحدار
سطح الأرض من ٥ - ٢٠ سم / كيلو متر ... ١٦٨

صفحة

- شكل ٥١ . انحدار القاع لمصرف حيث سطح الأرض انحدارها ٧٠سم/ كيلومتر طرقي ١٦٩
- شكل ٥٢ : قطاع نموذجي لمصرف مكشوف ١٧١
- شكل ٥٣ : ميول الجوانب والعمق ومرض القاع وطول وميل القاع المعتاد تنفيذها للمصارف من الدرجة الأولى إلى الرابعة ... ١٧٢
- شكل ٥٤ : الدياجرام المائي لمصرف رئيسي وثلاثة مصارف فرعية تصب فيه ١٧٥
- شكل ٥٥ : مصرف بالآلة وآخر بالراحة يصبان في البحر ١٧٦
- شكل ٥٦ : بعض أشكال قطاعات المصارف (أو قنوات الري) ... ١٧٧
- شكل ٥٧ : قطاع مصرف على شكل شبه منحرف مبيّن عليه أبعاده ... ١٧٩
- شكل ٥٨ : نوموجرام لتحديد (T_c) بمعرفة (H) ، (H) ... ١٩
- شكل ٥٩ : بريخ على هيئة صندوق مغلق ١٩٨
- شكل ٦٠ : قيم (γ_s) لمداخل بريخ مختلفة ١٩٩
- شكل ٦١ : قطاع طول بريخ وتأثير الأحمال عليه ٢٠٠
- شكل ٦٢ : الضغط الداخلي على المواسير ٢٠٢
- شكل ٦٣ : نوموجرام لحساب الأحمال على المواسير في حالة الحفر الضيق أو الحفر الواسع ٢٠٤
- شكل ٦٤ : نوموجرام مكتب الاستصلاح الأمريكي لإيجاد الأحمال على المواسير ٢٠٥

- فف -

صفحة

شكل ٦٥ : قطاع طول لسفارة تحت مجرى مائي	٢٠٧
شكل ٦٦ : انحناء لمسورة مبين عليه زاوية الانحناء (θ) ونقوس	
الانحناء (R)	٢١٠
شكل ٦٧ : ثلاثة أنواع مخارج للبياه	٢١٢
شكل ٦٨ : سفارة من الطوب	٢١٢
شكل ٦٩ : سفارة على شكل مواسير من الحديد مغموسة في خرسانة	
عادية	٢١٤
شكل ٧٠ : قطاع طول لبداية	٢١٥
شكل ٧١ : قطاع طول ومستط ألقى لمصب نهاية	٢١٦
شكل ٧٢ : قطاع طول ومستط ألقى لمسيل مياه من نوع	
(Parshall flume)	٢١٩
شكل ٧٣ : ثقب صغير (Small orifice)	٢٢١
شكل ٧٤ : ثقب واسع (Large orifice)	٢٢٢
شكل ٧٥ : ثقب غاطس (Submerged orifice)	٢٢٣
شكل ٧٦ : ثقب غاطس جزئيا (Partially submerged orifice)	٢٢٤
شكل ٧٧ : ثقب غاطس مبين أمامه سرعة التقارب	٢٢٥
شكل ٧٨ : فتحة مستطيلة	٢٢٦
شكل ٧٩ : فتحة مثلثة (V-notch)	٢٢٧
شكل ٨٠ : فتحة مستطيلة غير ذات اختناق منتهى أو ذات اختناق	
مطموس	٢٧٠

صفحة

- شكل ٨١ : مدار على هيئة شبه منحرف ٢٢٨
- شكل ٨٢ : مدار منحرف ٢٢٨
- شكل ٨٣ : مدار على هيئة قطع مكافئ (Parabolic weir) .. ٢٢٨
- شكل ٨٤ : مدار سترو ومونوجرام لإيجاد المعامل (C) له ٢٢٩
- شكل ٨٥ : مدار غارق (Drowned weir) ٢٣١
- شكل ٨٦ : مدار ذو قاعدة هريضة (Broad crested weir) ٢٣١
- شكل ٨٧ : مدار ذو موجة واقفة (Standing wave weir) ... ٢٣٢
- شكل ٨٨ : مسيل مياه سنامي ٢٣٣
- شكل ٨٩ : مسيل مياه أفقي ٢٣٣
- شكل ٩٠ : مسيل مياه مرتد ٢٣٤
- شكل ٩١ : مقطع أفقي لأنواع المسيلات المختلفة ٢٣٤
- شكل ٩٢ : مدار الفيوم ٢٣٥
- شكل ٩٣ : مدار مصري ذو موجة واقفة ٢٣٥
- شكل ٩٤ : مدار سالب (Spillway) ٢٣٦
- شكل ٩٥ : قطاع عرضي لمصرف عمومي قسم إلى أجزاء طولية
- مساوية ٢٣٧
- شكل ٩٦ : قطاع طول لمصرف أفقي عند القطاع ١ منه محلول به
- صفة ٢٣٨
- شكل ٩٧ ، ٩٨ ، ٩٩ ، ١٠٠ : تحديد أطوال الوصلات بمعرفة التصرف

صفحة

المار منها ومعامل التوصيل الهيدروليكي للفتلر الأولي	
حولها	٢٥٥-٢٥٢
شكل ١٠١ : تحديد كمية المياه المطلوب إمرارها بين وصلتين	٢٥٦ ...
شكل ١٠٢ : الشبكة المائية لمصارف على مسافات متساوية وعلى عمق	
٤ قدم ومساافة ٤٠ قدم	٢٦٥
شكل ١٠٣ : الشبكة المائية لمصارف مقطوعة وضمت في الطبقة السفلى	
لثربة ذات طبقتين مختلفتي التوصيل الهيدروليكي	٢٦٦
شكل ١٠٤ : وصلة مواسير منفصلة أو مادية	٢٦٧
شكل ١٠٥ : وصلة متداخلة	٢٦٨
شكل ١٠٦ : وصلة متداخلة	٢٦٨
شكل ١٠٧ : فرشاة بطول مواسير الصرف	٢٦٩
شكل ١٠٨ : وصلة مجلبة	٢٦٩
شكل ١٠٩ : وصلات مجلبة تحت طريق زراعي	٢٧٠
شكل ١١٠ : وصلات مجلبة تحت مستوى أو ترعة	٢٧٠
شكل ١١١ : منحنيات التحليل الميكانيكي للتربة ومنها يحصل على منحنيات	
تصميم المرشح للمصارف	٢٧٩
شكل ١١٢ : تخطيط متقابل للمصارف	٢٨١
شكل ١١٣ : تخطيط متبادل للمصارف	٢٨٢
شكل ١١٤ : الطريقة الطبيعية لتخطيط المصارف	٢٨٢

صفحة

شكل ١١٥ : الطريقة الطبيعية أو العفوائية لتخطيط المصارف ... ٢٨٢

شكل ١١٦ : تخطيط المصارف بالطريقة الطبيعية لمباحة يوريد عرضها

عن ٥٠ مترا ... ٢٨٤

شكل ١١٧ : طريقة هيكل السمكة ... ٢٨٤

شكل ١١٨ : طريقة المجمعين لتخطيط المصارف ... ٢٨٥

شكل ١١٩ : طريقة الشبكة لتخطيط المصارف ... ٢٨٥

شكل ١٢٠ : خط وادير سرف موضح به الخنادق الرشاحة ... ٢٨٨

شكل ١٢١ : مصرف قاطع لمياه غريبة (Foreign water) ... ٢٨٩

شكل ١٢٢ : مصرف قاطع لمياه وشح من ترعة ... ٢٨٩

شكل ١٢٣ : منحني اتصال مصرف حقل عمودي على مصرف مجمع ... ٢٩٠

شكل ١٢٤ : اتصال المصارف ... ٢٩٠

شكل ١٢٥ : جاورف خاص بعمل الدوراني اللازم حيث تستقر

وأساس الصرف ... ٢٩٢

شكل ١٢٦ : وضع المصرف المنطلي عند ارتفاع الطبقة الصماء تجمعا

خطح الأرض ... ٢٩٢

شكل ١٢٧ : معدلات خفض مياه الري أو المطر بالتربة ... ٢٩٤

شكل ١٢٨ : العلاقة بين الحصول نقص المياه (Water deficit)

شكل ١٢٩ : العلاقة بين عمق الماء الأرضي والماء الصالح لأرض طينية عميقة

صفحة

- شكل ١٣٠ : العلاقة بين حق الماء الأرضي والماء الصالح لأرض رملية ٢٩٨
- شكل ١٣١ : العلاقة بين البحر وحق الماء الأرضي ٢٩٩
- شكل ١٣٢ : تأثير تمهيق المصارف وأقطارها على التصرف ٣٠٢
- شكل ١٣٣ : العلاقة بين التصرف عند مصب المصرف والزمن بعد الري ٣٠٤
- شكل ١٣٤ : منظر عام لخطوط انسياب مياه الصرف بعد الري ... ٣٠٥
- شكل ١٣٥ : تحديد المسافة (ف) بين مصرفين بالقانون التقريبي ... ٣٠٧
- شكل ١٣٦ : تحديد المسافة بين مصرفين حسب معادلة جلوفر ... ٣١٠
- شكل ١٣٧ : تحديد المسافة بين مصرفين حسب معادلة شيفاجارد ... ٣١١
- شكل ١٣٨ : إيجاد المسافة بين مصرفين بمعادلات هرخ أوت ... ٣١٢
- شكل ١٣٩ : نموذج لحساب المسافة بين المصارف عندما $\frac{K}{q} < 100$ ٣١٦
- شكل ١٤٠ : نموذج لحساب المسافة بين المصارف عندما $\frac{K}{q} \geq 100$ ٣١٨
- شكل ١٤١ : حساب (W_0, K_2) لتطبيق معادلة أرنست ... ٣٢٠
- شكل ١٤٢ : نموذج لإيجاد المسافة بين المصرفين من دالة كيركهام ... ٣٢٤
- شكل ١٤٣ : تحديد المسافة بين المصارف حسب معادلات حماد ... ٣٢٦
- شكل ١٤٤ : طريقة إيجاد $\left(\frac{S}{2}\right)$ ٣٢٢
- شكل ١٤٥ : تطبيق معادلة طاهر ٣٣٣
- شكل ١٤٦ : تحديد المسافة بين مصرفين من معادلة تم ... ٣٣٥

٢٣٦

شكل ١٤٧ : العلاقة بين $\frac{KD_1}{SL^2}$ و $\frac{Y}{y_0}$

شكل ١٤٨ : العلاقة بين $\frac{KH_1}{SL^2}$ و $\frac{Z}{H}$

شكل ١٤٩ : كروكي يبين المسافة بين المصارف وأطوالها

شكل ١٥٠ : حساب الرشع العميق لمصارف بعيدة عن الطبقة الصماء

شكل ١٥١ : حساب الرشع العميق لمصارف فوق الطبقة الصماء مباشرة

شكل ١٥٢ : نموذج حرام أطوال المجمعات على الأقطار (فسر)

شكل ١٥٣ : تحديد السرعات وأقطار مواسير المصارف

شكل ١٥٤ : تحديد أحجام المصارف وسرعة المياه بها

شكل ١٥٥ : تحديد أحجام المصارف وسرعة المياه بها

شكل ١٥٦ : ماكينة ذات المحراث

شكل ١٥٧ : الماكينة ذات العجلة الحفارة

شكل ١٥٨ : ماكينة الحفر بالسير من النوع الرأسي

شكل ١٥٩ : ماكينة الحفر بالسير ذات الذراع المائل

شكل ١٦٠ : الماكينة ذات السكينة

شكل ١٦١ : غرفتا تفتيش بمنطقتين مختلفتي انحدار السطح

شكل ١٦٢ : غرفتا تفتيش بمنطقتين مختلفتي انحدار سطح

شكل ١٦٣ : غرفتا اتصال من التفار أو من الطوب الأحمر

شكل ١٦٤ : علامة استدلال مثبتة فوق غرفة اتصال

صفحة

شكل ١٦٥ : مصرف حقل عند نهايته	٢٨١
شكل ١٦٦ : حقل متصل بعامود غسيل	٢٨٢
شكل ١٦٧ : عامود غسيل قطار "٦"	٢٨٢
شكل ١٦٨ : عامود غسيل فوق سطح الأرض الحقلية التي تصب	
بغرف تفتيش	٢٨٣
شكل ١٦٩ : مصب مصرف مجمع بمصرف مكشوف	٢٨٤
شكل ١٧٠ : مصب مصرف مجمع	٢٨٥
شكل ١٧١ : مصب في أراضي متباينة	٢٨٥
شكل ١٧٢ : مصب في حوض (Sump)	٢٨٦
شكل ١٧٣ ، ١٧٤ ، ١٧٥ : ثلاث مخارج لمصارف منطقة مركبة عليها طلبات	
لرفع مياه الصرف	٢٨٧ ، ٢٨٩
شكل ١٧٦ : مدخل مياه سطحي	٢٨٨
شكل ١٧٧ : حوض ترسيب	٢٨٩
شكل ١٧٨ : منشأ التحكم في منسوب المياه	٢٨٩
شكل ١٧٩ : منفس أو ماسورة تهوية	٢٩٠
شكل ١٨٠ ، ١٨١ : نموذجي اتصال حقل بمجمع	٢٩١
شكل ١٨٢ : انحدار المصرف الحقل	٢٩٢
شكل ١٨٣ : قطاع بمصرف حفر طريقة تكوينه	٢٩٦

صفحة

شكل ١٨٤ :	تكاليف المضارب المغطاة على مسافات مختلفة للتر الطول	
٣٩٩	والفدان الواحد ..	...
٤٠٧	شكل ١٨٥ : تثبيت قاع المصرف باستعمال الألواح الخشبية ...	...
٤١٣	شكل ١٨٦ : تفاصيل تركيب البئر الغير عميق ...	...
٤١٤	شكل ١٨٧ : آبار غير عميقة متعددة المراحل ...	٢٠٠
٤١٤	شكل ١٨٨ : بئر عميق ...	...
٤٢٠	شكل ١٨٩ : البئر ودائرة أنبهره في حالة خزان أرضي محدود ...	...
٤٢٨	شكل ١٩٠ : بئر في خزان أرضي غير محدود ...	...
٤٣٠	شكل ١٩١ : مصرف الآبار المنخرقة جويًا للطبقات الحاملة للمياه كدالة	...
٤٣٤	لسمك الخزان ...	...
٤٣٨	شكل ١٩٢ : طريقة الميل للردوج ...	...
٤٤٠	شكل ١٩٣ : خزان مياه أرضي نصف محدود ...	...
٤٤٥	شكل ١٩٤ : جهاز لقياس السرعة ...	...
٤٤٧	شكل ١٩٥ : خطوط السحب كما هو واضح على بئر ملاحظة بجوار	...
	بئر الصخ	...

الباب الأول

مقدمة

العرف (Drainage) :

يقصد بكلمة العرف والتحديد العرف الزراعي - التخلص من المياه الزائدة عن حاجة النبات فوق وتحت سطح الأرض حيث تمتد الجذور - وعرف مساحة أو منطقة ما يشير إلى القنوات والجاري المائية في المساحة أو في المنطقة وقد يشير إلى المياه التي تنتقل في هذه القنوات والجاري المائية سواء كانت هذه المياه سطحية أي فوق سطح الأرض أم تحت سطحية بمعنى أنها تحت سطح الأرض .

كيف تتم عملية العرف ؟

تكون الفراغات التربة الطبيعية حوالي ٥٠ ٪ من مجملها كما تكون المواد الصلبة المعدنية - والعضوية باقى الحجم (أنظر شكل ١) والفرض أن يتغلل الهواء ٢٠ ٪ من الحجم وأن يتغلل الماء ٢٠ ٪ منه ولكن كمية ما تنظم المياه على حين الهواء وهذا لا بد للتربة من وسيلة لصرها .

وتتم عملية العرف بإحدى الوسائل الآتية :

(١) في الأراضي ذات الحبيبات الخشنة (Coarse grained soils)

تقرب مياه العرف خارج الفراغات المنتشرة بين الحبيبات حيث يلا جزء منها بالهواء ولذلك تسمى هذه العملية العرف بواسطة غزو أو اختراق الهواء .
(Drainage by air invasion)



شكل ١ : نسبة المواد المعدنية الصلبة والمواد العضوية والهواء والماء في تربة طبيعية

(ب) في الأراضي ذات الحبيبات الناعمة أو صغيرة الحجم (Fine grained soil) فإن الفراغات بين هذه الحبيبات تنقص حجمها مع استمرار خروج مياه الصرف منها وتقترب حبيبات التربة من بعضها البعض وتماسك وعملها فإن اقترام الهواء ودخوله الفراغات لا يحدث حتى يتم حدوث ظاهرة الانكماش إلى حد تفصل للمياه نهاية أو حد الانكماش (Shrinkage limit) لذلك فإن هذه العملية تسمى الصرف بواسطة التماسك (Drainage by consolidation).

(ج) يتأخر الصرف في الأراضي ذات الحبيبات صغيرة الحجم بالتجفيف (Desiccation) مما يؤدي إلى فقد نسبة كبيرة من الرطوبة الأرضية بفعل البخار ، لذلك يسمى هذا النوع من الصرف بالتجفيف عن طريق التجفيف (Drainage by desiccation) . وكلما استمر البخار كلما اقتربت حبيبات التربة الصلبة من بعضها البعض بفعل الجذب أو الشد السطحي (Surface tension) للياه المخلفة لامتصاص الحبيبات وعند الوصول إلى نهاية أو حد الانكماش فإن تماسك الحبيبات

يكون كافياً لمقاومة الشد السطحي ، فإذا زادت عملية التجفيف بفعل البحر يبدأ غزو الهواء ودخوله إلى الفراغات . والملاحظ أن المحتوى الرطوبي للتربة لا يقل بأي حال حتى يصل إلى الصفر ولكن تصل الرطوبة إلى حد يسمح بالتوازن أو التعادل مع الرطوبة النسبية داخل الفراغات بين حبيبات التربة وغرضها (Relative humidity of the soil atmosphere) ، فقد تصل كمية الرطوبة التي تحتفظ بها حبيبات الطين مثلاً إلى ٧٠٪ في حالة التجفيف بالهواء (Air - dry state) . وكثيراً ما يلجأ إلى هذا النوع من الصرف في الظروف التي يصعب معها تجميع مياه الصرف وتوصيلها إلى المصارف العمومية فينشأ ما يعرف بالمصارف المائية حيث تفقد مياه الصرف بالبحر .

(د) تفقد كثير من المياه بواسطة التسح والبحر كما يحدث في المساحات التي تروى بواسطة الترع وقنوات الري حيث تزوع الأشجار بطول هذه الترع والقنوات وموازية لها كي تقطع خط رشح المياه منها ، ويسمى الصرف في هذه الحالة بالصرف البيولوجي (Biological drainage) ، وكثيراً ما تستخدم هذه الوسيلة لصرف الأراضي المتربة بزرعة أنواع مختلفة من الأشجار مثل الكافور (Aucoalyptus) وغيرها .

(هـ) تتسرب المياه إلى أسفل ثم إلى المصارف بفعل قوى الجاذبية الأرضية ولذلك تسمى هذه العملية الصرف بواسطة الجاذبية الأرضية (Drainage by gravity) . ويتضح تأثير حجم الفراغات البنية فإذا كانت هذه الفراغات كبيرة الحجم كما في التربة الرملية فإن قوة تماسك المياه حول الحبيبات تكون ضئيلة مما يساعد على الصرف بواسطة الجاذبية الأرضية .

(و) الصرف عن طريق القامة الشعرية (Capillary drainage) : ويظهر

هذا واضحا مع زيادة المياه داخل -ساحم التربة مؤديا إلى زيادة أعمدة الماء المعلق (Suspended waters) وتشير أقطار تقعر وتحدب -سطح المياه السفلى بهذه الأعمدة ومع ازدياد المياه تتكون نقاط المياه التي لا تلبث أن تتقاطر إلى أسفل متجهة إلى منسوب الماء الأرضي .

وهناك وسائل أخرى للصرف مثل طريقة الصرف الكهربائي Electro drainage method تحت تأثير الشحنات الكهربائية لحبيبات التربة الطينية أو الصرف الجزيئي (Molecular drainage) ولكن لأجمال لتعرض لها الآن .

نبذة تاريخية :

يؤكد المؤرخ اليوناني هيرودوتس (Herodotus) منذ أربع مائة سنة قبل الميلاد أن الصرف عرف في وادي النيل منذ حوالي ثلاثة آلاف عام ومن الواضح أن المؤرخ قصد بذلك الصرف السطحي بعد الفيضانات . وقد ذكر كثير من المؤرخين مدى ضياع الأدم الشرقية بالصرف وما يدل على ذلك آثار أعمال الصرف في إيران والهند منذ أكثر من خمسين قرنا حيث حضارة موهان - جو - دارو (Mohan-Jo-Dar) برادى إندس (Indus) كما أشار المؤرخون الرومان الذين عاصروا أو جالسوا إلى وجود مصارف ، مغطاة بالغ عمقها حوالي ٩٠ سم تحت -سطح الأرض وهئت بالحصى والأحجار إلى ثلثي العمق ثم ردم فوقها بالتراب . ويذكر التواريخ تحول وادي نهرى دجلة والفرات (Tigris and Euphrates) إلى أراض جرداء نتيجة تراكم الأملاح بطبقات التربة السطحية بسبب سوء الصرف حيث كانت منطقة كالدئا (Caldes) تحتوى على حوالي عشرة ملايين ليكر حصبة كحديقة ، على حد قول سير وليام دلكوكس عام ١٩٣٠ تحولت إلى أراض ملحية وقطوية . أما في وادي نهر جيلا (Gila) في أريزونا

وادي نهر ريو جراند (Rio Grande) في نيومكسكو وتكساس بالولايات المتحدة الأمريكية فقد اختفت كثير من أعمال الري التي قام بها الهنود والأسبان ودهورت الأراضي بسبب نقص أعمال الصرف ولا تزال أعمال الري قرب منطقة إقامة الهنود بإريسا (Isleta Indian Reservation) في نيومكسكو تدل على زراعة بعض المحاصيل المروية قبل اكتشاف كولامبوس لأمريكا كما وجد المستكشفون الأسبان بعض طرق الزراعة البعلية بمساعدة تحويل مياه نهر ريو جراند بالهند البيلو (Pueblo Indians) في القرن السادس عشر . وقد ظهرت أول الكتب المطبوعة في فرنسا عن صرف الأراضي حوالي عام ١٦٠٠ . وأنشئت المزارع المنطاة بمدينة كنفت (Convent Garden) عام ١٦٢٠ بمدينة (Aubange) قرب الحدود البلجيكية كما ظهرت أول الكتب المطبوعة في إنجلترا عام ١٦٥٢ وأنشئت المعارف المنطاة بأملك سير نورثمبرلاند عام ١٨١٠ .

ويحتمل أنه في مصر كانت الزراعة بالمناطق الرطبة أو المستنقعات (Marsh cultivation) قبل القراعة أي قبل ٢٣٠٠ سنة قبل الميلاد ثم أصبح نظام الري في مصر طبعيا وهو ما يسمى بنظام الري الموضي أو النظام ذو الري الواحدة في موسم الفيضان (أغسطس وسبتمبر من كل عام) يرتفع منسوب مياه النيل فوق سطح أرض الوادي وتغمر المياه الأراضي حيث تمسك المياه فترة لا تزيد بعدا أن تعود إلى مجرى النهر (النيل) . وقد بدأ نظام الري الموضي الملك مينا أو ملوك الأسرة الأولى مع القراعة إذ أقام أول جسر بمحاذاة القنطرة الغربية النيل في صعيد مصر والذي يسمى طراد النيل الآن . ولا يمكن غير الأراضي يناسبها المختلفة في الفيضانات العالية أو الرطبة أنشأ قدماء المصريين الترع التي تخترق الأراضي العالية المجاورة لنهر مباشرة لتوضيل مياه الفيضانات الرطبة

الأراضي المنخفضة البعيدة عن المجرى كما أقاموا جسوراً عمودية على مجرى النهر
وهي المدة بالصلايب وهي تعمل كموانئ في طريق المياه لرفع منسوبها وإمكان
غمر الأراضي العالية . ولحماية هذه الصلايب من الانهيار في حالة الفيضانات
العالية أقام مهندسو الملك ممفيس جسر النيل الأمير حيث العمران ثم أنشئ جسر
النيل الأيمن في عهد سيزوتريس كما استخدم أمنمحات الثاني بحيرة موديس
(بحافظة الفيوم حالياً) كخزان لتخزين المياه من أجل استعمالها للشرب وإلى
ولحفظ مياه الفيضان الزائدة والانتفاع بها في ري المحاصيل المصبغة في الوجه
البحري وهكذا بنى أقدم وأكبر شوان من الردم منذ أكثر من خمسة آلاف عام
بطول حوالي ١٠٨ متر (٣٥٥ قدم) وارتفاع حوالي ١٢ متراً (٤٠ قدم) فوق
منسوب قاع النهر . ولتخفيف ضغط المياه على الصلايب خصوصاً في المناطق
المنخفضة أنشأ قدماء المصريين جسوراً موارية لمجرى النيل تقريباً يسمى كل منها
طرادا لفصل بين الأراضي العالية والواطئة .

الاعمال المتنامية في ج.ع.م :

منذ أوائل القرن التاسع عشر أدخلت كثير من التحسينات وأنشئ الكثير
من الأعمال الصانهاية للأغراض الآتية :

١ - رى جميع الأراضي في الفيضانات الواطئة سواء أراضي رى الجياض في
ذلك الوقت أو الرى المستديم .

٢ - التحكم في إطلاق المياه في الجياض حسب المناسيب وحسب الاوقات
الثلاثة والتي تتفق مع مواعيد زراعة المحاصيل المختلفة .

٣ - الاستفادة من طين النيل كمخصب للتربة وتوزيعه بالعدل والتساوى على
مختلف الأراضي بغير المنطاع .

٤ - منع إلهاء الترع وقنوات الري وعدم ملئها بالرمال أحيانا وتغذى نحر القاع والجوانب أحيانا أخرى .

من أجل كل ذلك أنشئت الأعمال الصناعية المختلفة نذكر منها الآتي :

١ - القناطر : من أجل أعمال الموازنة والحجز والتحكم في مناسيب المياه لري الأراضي العالية ،

٢ - الكبارى : لعبور الإنسان والحيوان والمركبات والسيارات عبر المجارى المائية ،

٣ - السحارات (Syphons) : لمرور المياه المختلفة الأنواع بالمجاري المائية المتعددة أو العالية المنسوب فوق المجارى المائية منخفضة المنسوب عند تقاطع اثنين أو أكثر منها ،

٤ - البدالات (Aqueducts) : لمرور المياه بالمجاري المائية فوق أخرى متقاطعة معها لاسيما إذا اختلفت أنواع المياه بكل منها ،

٥ - البواب (Culverts) : من أجل إمرار المياه تحت الطرق أو السكك الحديدية ،

٦ - مأخذ الترع ومصباتها : للتحكم في دخول المياه إليها والتخلص من المياه الزائدة في الترع ،

٧ - الأهوسة : لتيسير النقل المائي وسير السفن والمراكب الشراعية والآلية .

وعلاوة على إنشاء الأعمال الصناعية السابقة الذكر أعيد انتخاب مواقع

الترع ومآخذها بحيث تدخلها مياه الري خالية من الرمال ، وبحيث يملأ منسوب المياه فيها مناسيب أرض الفيض ، كما أعيد تصميم قطاعات الترع بحيث تكون سرعة المياه بها غير قادرة على نحر القاع والجوانب والجسور ، وبحيث تكون هذه السرعة كافية لحمل الطمي المعلق علاوة على كفاية مياهها لحاجة الزراعة . كذلك أنشئت الصبيلات وهي الترع التي تغذي الفيض مباشرة بمياه النيل إذا سمحت مناسيبه بذلك .

وبالنسبة للري الموحى ذو الري الواحدة لم تكن الأراضي في حاجة إلى الصرف إذ كان ينخفض منسوب المياه الأرضية مع انخفاض منسوب النيل في الصيف (منسوب التماريق) بمقدار ٧ إلى ٩ متر تحت منسوب الفيضان .

ب - الري المستديم وتشروعات الكبرى على النيل :

يقصد بالري المستديم الري على مدار السنة وقد استخدم قدماء المصريين بحيرة موريس كخزان أثناء الفيضان واستعملوا مياهها أثناء فصل الربيع عندما يهبط منسوب النيل وذلك بقطع السد الترابي بينها وبين النيل .

وقد أنشئت بعض الترع العميقة عام ١٨٢٦ بالوجه البحري لزراعة القطن . وفي آخريات القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين أعيد استعمال الري المستديم فأدخل هذا النظم إلى الوجه البحري عام ١٨٩١ وبدأ في استعماله بمحافظ المنيا عام ١٩٠٥ وفي بني سويف عام ١٩٠٧ وفي الجيزة عام ١٩٠٩ حيث أدخلت الريات المصيفية وظهرت الحاجة الماسة إلى إنعاش الأعمال الصناعية اللازمة للري المستديم والتي تستعرض بعضها مناسيب كالتالي :

١ - أنشئت القناطر الخيرية مكونة من قنطريين على غربي قنيط وورشيد
 لرفع منسوب المياه أمامها وتنفذ الرياح التوفيقى شرقى الدلتا والرياح الخوفى
 وسط الدلتا والرياح البحرى غرب الدلتا وقد بدى فى إنشاء القناطر الخيرية
 عام ١٨٤٣ وتمت فى عام ١٨٩٢ ثم عملت لها بعض الإصلاحات ما بين عام ١٨٨٦
 وعام ١٨٩٠ ثم بنى سدين غاطسين خلف كل من القنطريين عام ١٨٩٧ ثم بليت
 قنطريين حديدتين خلف القنطريين النديتين ثم إنشاءهما عام ١٩٢٩ على بعد ٢٤
 كيلو متر شمال القاهرة . وبم حاليًا إنشاء الرياح الناصرى لرى الأراضى تحت
 الإصلاح غرب الدلتا والمسانع الصحراوية المتاخمة ،

٢ - انتهى حدى أسوان فى الفترة ما بين عام ١٨٩٨ وعام ١٩٠٢ حيث كان
 بحجم ٩٨٠ مليون متر مكعب ثم تم تغطية السد خمسة أمتار للمرة الأولى فى المدة
 من عام ١٩٠٩ حتى عام ١٩١٢ لإمكان حصر من ٢٢٦٠ إلى ٢٣٧٥ مليار متر
 مكعب ثم تم تغطية سدعة أمتار أخرى للمرة الثانية ما بين عام ١٩٣٩ وعام ١٩٤٨
 لإمكان حصر ٢٠ مليار متر مكعب أو ما يزيد ثم تم تغطية السد مرة أخرى
 للمرة الثالثة كى يحصر حوالى ثلث مئتين مليار متر مكعب ،

٣ - تم إنشاء قناطر أنيسوط عام ١٩٠٢ لرفع منسوب مياه النيل حتى لا
 هناك نغذية حوالى مليون فدان من أراضي مصر الوسطى والقيوم صيفا ثم
 تموشا وتمليتها عام ١٩٣٨ ،

٤ - أقيمت قناطر زفة من عام ١٩٠٩ إلى عام ١٩٠٣ لرفع المياه شرق
 دمياط ثم قريت فى عام ١٩٠٧ كما تم تغطيتها عام ١٩٥٤ ،

٥ - تم إنشاء قناطر إنشاء عام ١٩٠٨ لتحسين الرى فى قنا ثم تم تحويلها
 عام ١٩٦٤ ،

٦ - تم إنشاء قناطر نجع حمادى عام ١٩٣٠ لتغذية نجرى نجع حمادى الشرقية والغربية ولضمان الرى الحوضى فى ذلك الوقت فى المنطقة الواقعة ما بين نجع حمادى ودبروط ،

٧ - أنشئت قناطر أدفينا عام ١٩٥٠ لتوفير مياه النيل (حوالى مليار متر مكعب) ، التى كانت تعطى لفرع رشيد لطرد المياه المالحة أثناء إنشاء السد الترانى الذى كان يقام كل عام قرب هذا الموقع ،

٨ - أنشئت قناطر فارسكور والكثير من الأعمال الصناعية الأخرى و

٩ - بدءاً فى إنشاء السد العالى عام ١٩٥٩ بطول ٢٨٢٠ متر وعرض ٩٨٠ متر كى يجر ١٦٤ مليار متر مكعب لتعويض مياه الرى فى الستين الشعبية . مثل عام ١٩١٣ حيث لم تزد إيرادات النيل عن ٥٠٥٠ مليار متر مكعب فقط وكذلك الموازنة الإحتياجات المائية على مدار السنة علاوة على أنه يعطى ١٠ مليار كيلو وات ساعة من الطاقة الكهربائية سنوياً بالإضافة إلى الوقاية من أخطار الفيضانات العالية كما حدث عام ١٨٧٩ وعام ١٩٣٩ وعام ١٩٤٨ .

٥ - بعض مشروعات الخلفى والمستقبل فى ودى النيل :

ترجع أهمية المياه كمرور طيسى بالنسبة للكثير من بلاد العالم مثل الجمهورية العربية المتحدة والأقطار العربية إلى أنها هى العامل المحدد لاستصلاح الأراضى الجديدة فى الوقت الذى تتوفر فيه الأراضى الجيدة أو ذات المشكلات البسيطة والسهلة العلاج أو التى يمكن التغلب عليها - قد لا تتوفر المياه ، لذلك فإن من الضرورى البحث عن موارد للياه والتفكير فى إنشاء بعض المشروعات لتوفيرها مثل المشروعات الآتية :

١- سد على بحيرة فيكتوريا ، آخر على بحيرة ألبرت للتخزين للقرن مع ضمان تصرف ثابت مستمر طول فترة مائة عام أو أكثر ،

٢- مشروع منطقة السدود لتوفير ٠٠ إلى ٠٠٠ / من إيراد النهر تفقد بسبب البحر والتسرب لانساع مجرى النهر في هذه المنطقة والتي تصل إلى ٢٢١ مليار متر مكعب في السنة وذلك بمعمل تحريية للنهر خارج المنطقة أو بإقامة جسور لبحر الجبل وسط المنطقة ،

٣- خزان بحيرة بانانا على النيل الأزرق ويمكن الحصول على أكثر من ١٠٨ مليار متر مكعب توزع بين ج . ح . م وجمهورية السودان الديمقراطية ،

٤- مشروع منخفض وادي الريان جنوب الفيوم لصرف جزء من أراضي الوجه القبلي علاوة على توليد الطاقة الكهربائية و
٥- تحويل مياه البحر إلى مياه عذبة .

التي تلائم نظري المستديم بالنسبة للعرف في ج . ح . م :

أخذ منسوب المياه تمت سطح الأرض يرتفع شيئا فشيئا نتيجة للبياء التي تقرب إلى التربة من مياه تزيد عن احتياجات الري ومن الرع والمجاري المائية التي تقوم بتوزيع المياه أو من ارتفاع منسوب مياه النيل في موسم الفيضان في الماضي وكل هذه المياه إما أن تقرب إلى منسوب المياه الجوفية الطبيعي فتؤدي إلى رفعه وإما أن تكون طبقة مستقلة من المياه الأرضية يرتفع سطحها تدريجيا إلى سطح الأرض . وقد أخذت الأراضي في التدمير لعدم وجود مشروعات كافية للصرف بما دعا وزادة الري إلى إنشاء محطة طلبات صرف المكس عام ١٩٨٨ ومحطة أطسا عام ١٩٠٢ ومحطة الطاية عام ١٩٢٠ التي تخفف مساحة زرا

٤٥٠,٠٠٠ فدان ثم أخذ التفكير منذ عام ١٩٢٩ إلى تنسيم أراضي الوجه البحري التي رأتى شدة احتياجها للصرف - إلى مناطق تبلغ مساحة كل منها حوالي ٥٠,٠٠٠ فدان وشرح في شق عدد كبير من المصارف العامة الرئيسية والفرعية كما شرع في إنشاء الكثير من محطات توليد الكهرباء في السرو وطلعا وبلفاس والطغ و غيرها وذلك لمد محطات طلبات الصرف الواقعة في شمال الدلتا لرفع مياه الصرف وإنشائها في البحر الأبيض المتوسط والبحيرات، غير أن حالة الصرف لم تحسن كثيرا :

١ - لعدم قيام المزارعين بإنشاء المصارف المحلية تماما وما وزارة الأشغال المصرية (في ذلك الوقت) إلى المسارعة لقيام بإنشائها بعد أن أدى ذلك إلى خضف إنتاج الأراضي و

٢ - عدم قدرة بعض المصارف الرئيسية على استيعاب مياه الصرف إما لصغر قطاعها أو لعدم تطويرها أو لضعف محطات الصرف الموجودة بنهاياتها أو لبعض الأخطاء في حساب مقنات الصرف -

وقد بلغ عدد محطات طلبات الصرف التي تم إنشائها بمختلف مناطق محافظات الوجه البحري والوجه القبلي - ٤ محطات حتى عام ١٩٥٣ ، [٣ هي محطات السرو والقنصلين والإبراد والكبيكة والسرو الإضافية وفارسكور وبين قسيه والقليوباء والمنصورة والريش ومصر ١١ ومصر ١١ ، ٣٥٦ ، ٤ ، ٦ ، ٧ وسبل والمكس والطاية وحلق الجبل والبصيل وبرسيق وزدقون والرمادي وبريج وشيد وقروجة وإطعا وبين صالح ومصر صفانة والملاوية والبرجيل ودرابو وأبيضا والبزمان والمطرس ومقنة ٣٠٢٥٦ (الترق - اليوم) ومقنة الخشخاش ويبلغ مجموع منحصراتها ٢٠٠٠ م / ثانية أي حوالي ٥٥ مليون متر مكعب في اليوم وتقوم زماما بحوالي ٥٥٠,٠٠٠ فدان حاليا - كما تأسست وزارة الري المصرية بإنشاء ٤٤ محطة طلبات صرف أخرى في الفترة من عام ١٩٥٢ إلى عام ١٩٦٦ بتقضى منها حوالي ١٥٣٧٧٠٠٠

فدان وبمجموع تصرفها ٢٣٥٦ م^٢ / ثانية أى حوالى ٣١.٠ مليون متر مكعب فى اليوم كالتالى : إنشاء ١٤ محطة أخرى لتجميع أكثر من ٤٩١٤٠٠ فدان بأراضى التوسع الزراعى الجديدة بالوجهين التيلى والبحرى وبمجموع تصرفها نحو ٢٢٩٥٣٠ متر مكعب / ثانية أى حوالى ١٩٨٣ مليون متر مكعب فى اليوم [وهى محطات صفت والتصبى الرئيسية والتصبى الإضافية وبحر القز ومصرف ٨ / وزغزل وتلا والشوى والتلة وشرق المنوفية وزاوية البحر وأبابة وقشيف وأبو شوشة والمكس والبرلس وبلبيس قبل وإذكو وحفيرة شهاب الدين والمطرية وبحر تيرة والحارس والبرو الأعلى والدلتجات وامتداد مصرف تيرة ١ الإضافية ومواطى وفار والأشراف] علاوة على ١١ محطة صرف أخرى تم تجهيدها وتقويتها كي تعمل الأعباء المائية الزائدة ويبلغ جملة تصرفها ٢٧٥ متر مكعب / ثانية - أى حوالى ٢٣.٠ مليون متر مكعب فى اليوم وتخدم زمائهما قدره ٥٦٢.٠٠٠ فدان .

وقد قامت كذلك وزارة الرى المصرية بتزويد مساحة حوالى ٤٠.٩٠٤٠ فدان بشبكات الصرف المغطى حتى عام ١٩٦٧ منها ١٢٠٠٠ فدان عام ١٩٣٨ تقع فى الثلث ما بين السنطة - ميف غمر - قويسنا و ٢٠.٠٠٠ فدان فى الفترة ما بين ١٩٤٢ - ١٩٤٥ بمنطقة القروية (المنوفية) بالإضافة إلى أنها أقامت مصنعا ميكانيكيا خاصا بتصنيع المراسير الإسمتية الصرف عام ١٩٦٢ واستحدثت طريقة عمل المصارف المغطاة آليا بواسطة ماكينات الحفر ورص المراسير . فاستوردت ثلاث ماكينات لهذا الغرض تصل كفاءة الواحدة إلى إنشاء ١٨٥ كيلومتر من المصارف المغطاة سنويا . ويقوم وزراة الرى المصرى فى الوقت الحالى بمساعدة البنك الدولى بإنشاء ١٥ محطة صرف وتمتين المصارف الرئيسية المكشوفة إلى عمق ٢ متر علاوة على إنشاء شبكة الصرف المغطى فى مساحة قدرها ١.٤ مليون فدان .

علامات ظهور مشاكل الصرف

Indications of drainage problems

- يتضح وجود مشاكل الصرف بأى مساحة مزروعة من الدلالات الآتية :
- ١ - وجود مياه فرق سطح الأرض أو مناطق ذات عتوى وطونى حال لاسيا فى بعض الأماكن المنخفضة السطح ،
 - ٢ - ظهور تجمع أو تهر الأملاح على سطح الأرض وحينئذ من الضروري إزالة هذه الأملاح بالغسيل بعد حل مشكلة الصرف إن أمكن ،
 - ٣ - احتراق أوراق النباتات ومدورها لاسيا فى الصيف وفى المناطق المنخفضة السطح حيث تتجمع المياه فيها مما قد يحتاج إلى إعادة تسوية مثل هذه المناطق علاوة على الحاجة إلى الصرف الجيد ،
 - ٤ - انتشار أو تكاثر أو توالد البعوض ما يدل على تراكم المياه على سطح الأرض أو فى بعض مجارى المياه الراكدة ،
 - ٥ - اندماج سطح التربة ما يزدى إلى بدء حركة المياه بها وسوء الصرف نتيجة استعمال المعدات الزراعية ثقيلة الوزن وغيرها ،
 - ٦ - صعوبة تأدية عمليات الخدمة الزراعية مثل الحرث ،
 - ٧ - ضعف جذور النباتات المزروعة مما يدل على ارتفاع منسوب الماء الأرضي ،
 - ٨ - ظهور كثير من أمراض النباتات لاسيا تلك الناجمة عن الحشرات التى تعيش حيث رطوبة التربة مرتفعة ،
 - ٩ - ظهور بعض النباتات المحبة للماء مثل الخثقال (Sedges) والجميض (Dock) و (Cattails) و (Tules) وحشيشة الماء (Water grass) وغيرها.

أسئلة على الباب الأول

- (١) ماذا يقصد بالصرف الزراعى وماذا تعبر إليه عبارة « صرف مساحة أو منطقة ما » ؟
- (٢) ما نسبة ما تتكونه الفراغات في تربة طبيعية من حجمها ، ماذا يشغل هذه الفراغات ؟
- (٣) كيف تتم عملية الصرف ؟ اشرح ستة وسائل لذلك .
- (٤) هل هناك وسائل أخرى للصرف غير الستة وسائل السابقة ؟ أذكر إن وجد - بعض هذه الوسائل .
- (٥) ما هى «الهــلايب» و «الطراده» وما فائدتها ؟
- (٦) ماذا فعل قدماء المصريين من أجل الري المستديم ؟
- (٧) ما هو الري الحوضى وهل مازال هذا النظام معمولاً به حتى الآن ؟
- (٨) ما الغرض من إنشاء الأحمال الصناعية ؟
- (٩) اشرح سبعة أنواع من الأحمال الصناعية التى قد يحتاج إليها في مشروع ري أو صرف .
- (١٠) هل كانت الأراضي في حاجة للصرف في حالة الري الحوضى ؟ اشرح .
- (١١) أذكر تسعة مشروعات كبرى تم تنفيذها على النيل من أجل نظام الري المستديم .
- (١٢) ما هى نتائج إدخال نظام الري المستديم من وجهة نظر الصرف ؟

(١٣) أذكر خمسة مشروعات الحاضر والمستقبل يجب تنفيذها من أجل زيادة موارد المياه .

(١٤) ماذا فعلت وزارة المصرية من أجل إزالة أثر نتائج إدخاا نظام الري المستديم في مصر ؟

(١٥) اشرح تسعة دلالات تكشف ظهور مشاكل الصرف بمساحة منزرعة .

(١٦) أكل : يحدث الصرف بواسطة اقتطاع أو غزو الهواء في الأراضي ...
..... بينما يحدث الصرف بواسطة التناك في الأراضي

(١٧) المياه هي العامل المحدد للتوسع في استصلاح الأراضي . اشرح مع ذكر بعض المشروعات من أجل التوسع الزراعي والطاقة الكهربائية.

(١٨) ماهي المصارف العمياء وكيف يتم الصرف فيها ؟

الباب الثاني

بعض المعلومات العامة عن الصرف

اصيحب الصرف وانقرافه :

صرف الاراضى الزراعية هو عامل ريمى واسامى من اجل :

١ - زيادة لإنتاج المحاصيل الزراعية وقد دلت النتائج على أن إنتاج القطن يرتفع بما لا يقل عن ٣٥ ٪ وإنتاج القذرة يرتفع حوالى ٣٢ ٪ كما يرتفع إنتاج القمح حوالى ٢٧ ٪ على أثر تنفيذ مشروعات الصرف أى أن الإنتاج فى مصر يريد بما يعادل إضافة أكثر من ١,٥ مليون فدان إلى المساحة المزروعة . وبالفاظ أخرى فإن الدخل القومى سيداد بأكثر من ١٠٠ مليون جنيه أى ما يعادل زيادة أكثر من ١٢٠ مليون جنيه بأسعار الوارد والصادر السائدة عام ١٩٦٧ ء

٢ - تحسين نوع الإنتاج ونوع المحاصيل الزراعية ،

٣ - زيادة كفاءة عمليات الخدمة الزراعية و

٤ - تحسين خواص التربة حتى يمكن زراعة محاصيل ذات قيمة اقتصادية أعلا .

وتختلف أسباب الصرف حسب المنطقة المراد إنشاء المصارف بها كالاتى :

١ - في المناطق الرطبة والتحت رطبة (Humid and subhumid regions):

يقصد بالمناطق الرطبة المساحات التي يبلغ مجموع سقوط الأمطار عليها [أو أى شكل من المياه سواء رذاذ (drizzle) أو مطر (rain) أو ثلج (Snow) أو ثلج مختلط بالهواء (sleet) أو برد (hail) أو بلورات ماء متجمدة (ice crystals) أو مطر مثليج (freezing rain)] من ١٠٠ - ٢٠٠٠ ملمتر في العام.

أما المناطق تحت رطبة، فهي التي يبلغ مجموع السقوط (Precipitation) عليها في العام من ٥٠٠ - ١٠٠٠ ملمتر بينما يقصد بالمناطق المبللة جداً (Very wet) المساحات التي يزيد مقدار السقوط عليها عن ٢٠٠٠ ملمتر في العام.

وأغراض الصرف في مثل هذه المناطق السالفة الذكر هي كالآتي :

١ - التخلص من المياه الزائدة نتيجة الجريان السطحي بفعل العواصف (Storm runoff) أو مياه الري ،

٢ - التخلص من المياه تحت سطح الأرض (Underground waier) حتى لا يرتفع منسوبها إلى منطقة جذور النبات إذ المعروف أن المياه الأرضية تلعب دورة هيدرولوجية تبدأ منذ نزول الأمطار على سطح الأرض وتسرّب بعضها إلى الماء الأرضي الذي يتدفق متحركاً من المناسيب العالية إلى المناسيب المنخفضة ومع مرور الوقت، يمتلئ الحوض (Basin) مسيئاً ارتفاع سطح الماء الأرضي خلال فترات سقوط المطر . ويتبع التسرب العميق زيادة في تصرف المياه إلى المصبّات الطبيعية وتحدث نفس الظروف بسبب مياه الري ،

٣ - تحسين بناء وخواص التربة خصوصاً ما يتصل منها بعمليات التهوية

والأكسدة والحرارة وعلاقتها بالكثيرا وغيرها . وباختصار تحسين خواص التربة الميكانيكية والكيمياوية والحيوية والطبيعية والتي تعتمد على المحتوى الرطوبي للتربة ،

٤ - تسهيل عمليات الحرث بتجفيف القشرة السطحية للتربة و

٥ - منع وتفادي حدوث أى نحر قد ينتج من جريان المياه واندفاعها على سطح الأرض .

ب - في المناطق الجافة والنصف جافة (Arid and semiarid regions) تحت الإصلاح (Under reclamation)

يقصد بالمناطق الجافة تلك التي يقل مجموع سقوط (Precipitation) المياه بأشكالها المختلفة عليها أقل من ٢٥٠ مم في السنة كما يقصد بالمناطق النصف جافة تلك التي يتراوح مقدار السقوط عليها من ٢٥٠ مم إلى ٥٠٠ مم .

وأغراض الصرف في هذه المناطق هي :

١ - تقليل المحتوى الرطوبي للطبقات السطحية وذلك بخفض منسوب المياه الأرضية الماخضة مع خفض تركيز الأملاح بها حتى لا يتجاوز ١٠ إلى ٢٠ جم / لتر ، والمعروف أن منسوب المياه الأرضي وسلوكة يتوقفان على عوامل عدة منها :

١ - منابيات أو برامج الري ،

ب - كمية المياه المقربة إلى الأعماق البعيدة عن سطح الأرض ،

ج - الصفات الطبيعية لطبقات التربة وتكوين وسمك هذه الطبقات وحجم الفراغات بها ومساحتها ودرجة إتصال هذه الفراغات ببعضها و

د - طبوغرافية المنطقة علاوة على موقع وحجم وعمق الفتحات والمجاري الطبيعية حيث تقرب من طريقها المياه الأرضية إلى خارج المنطقة .

٢ - خفض مستوى منوحة التربة بمنطقة جذور النبات حتى يصبح تركيز الأملاح أقل من ٢ر٠ إلى ٣ر٠ ٪ وحتى لا يزيد تركيز أيونات الكلوريد ١ر٠ ٪

٣ - الموازنة بين الأملاح الداخلة إلى قطاعات التربة مع مياه الري وغيرها من مياه وبين الأملاح الخارجة من قطاعات التربة مع مياه الصرف وأي مياه أخرى (Income - outgo balance) و

٤ - التحكم في مياه "صرف التي تخرج من قطاع التربة ومناسبتها .

ج - في تناوب المحاصيل والنصف جافة التي تم استصلاحها :

في مثل هذه المناطق الأغراض من الصرف هي :

١ - منع إعادة تملح التربة وبمعنى أدق المحافظة على مستوى ملحي معين حتى لا تؤدي زيادته إلى ضرر النبات ،

٢ - المحافظة على التهوية اللازمة للتربة بالسماح للهواء بنزول واقتحام المسام بسهولة وكذلك السماح لثاني أكسيد الكربون بالخروج من منطقة جذور النبات إلى سطح الأرض ،

٣ - قد تستعمل المصارف لإمداد التربة بمياه الري ،

٤ - قد تستعمل المصارف كوسيلة للري تحت السطحي (Subirrigation) أو الري الجوفي ،

٥ - المعروف هو وسيلة لتخلص من المياه الراكدة التي تساعد على انتشار كثير من الأمراض مثل البلهارسيا والإسكستوما والملاريا وغيرها و

٦ - صرف المياه هو عامل مساعد لحلق ما يسمى بالميسل الهيدروليكي (Hydraulic gradient) حثا لنا لسير المياه خلال طبقات التربة .

الاضرار الناتجة من ارتفاع منسوب الماء الأرضي :

١ - بالنسبة للإنسان :

تميش الحيوانات الدببة كطفيليات الإسكستوما والبلهارسيا والملاريا في المناطق التي بها التربة مشبعة بالرطوبة، أو في البرك والمستنقعات، فلما تميش التواقع النافذة للبلهارسيا في مجارى المياه البطيئة السرعة والدائمة المياه والتي بها أعشاب، ينما تميش يرقات الإسكستوما في الأراضي الرطبة، وكذلك ينمو العرض الناقل للملاريا في مزارع الأرز ومجارى المياه والتزك التي تنكسر بها الحشائش وعلاج هذه الأمراض يكلف الملايين من الجنيهات سنويا علاوة على خفض إنتاج الفرد بحوالى ٢٣٪ أو أكثر، مما يقدر بأضرار ذلك من تقود سنويا، إذن إصابة السكان بالبلهارسيا والإسكستوما يؤدي إلى بطء نمو أجسامهم ويطء نمو القوى العقلية كما تحدث العقم في الرجال والنساء، وقد تحدث الإجهاض بعد الحمل، كما أنه قد يولد الأطفال أمواتا أو ذوي وزن أقل من المتوسط . كذلك فإن المصابين بالطفيليات أكثر عرضا للمرض وأكثر عرضا للوفاة علاوة على ضياع مقدار كبير من الأعذية التي يتناولها الفرد فتأكلها الطفيليات التي تميش داخل الجسم كما هو مشاهد في المصابين بالديدان للنوية .

ب - بالنسبة للحيوانات والطيور :

تعرض الحيوانات التي تميش على أرض مشبعة بالمياه لآسيا حيث ترفع

درجة الحرارة إلى كثير من الأمراض الطفيلية مثل الدودة الكبدية ، كذلك تصاب حوافر الماشية والأغنام مما يسبب ذبولها وقلة إنتاجها . والملاحظ أن الدجاج في إنجلترا وشمال أوروبا يعطى يعضا كبير الحجم فتعطى الدجاجة الواحدة أكثر من ٢٠٠ يعضة في السنة وذلك لأن جو هذه البلدان لا يساعد على نمو طفيليات الدجاج .

٥ - بالنسبة للنبات :

١ - زيادة المحتوى الرطوبي للتربة كذلك ارتفاع منسوب الماء الأرضي حتى منطقة جذور النبات وتذبذب هذا المنسوب يسبب في قلة وجود الهواء في مسام التربة مسببة خنق حيوية النبات واختناق الجذور وربما عدم نشوء الجذور أصلا ، علاوة على منها من تأدية وظيفتها كامتصاص الغذاء من التربة . وبما لاشك فيه أن جذور النبات لا تتحرك التربة المشبعة بالمياه لأعماق بعيدة مكثفة بالطبقة السطحية من التربة ، مما ينقص من مقاومة النبات للعشش ، وبما يسبب إنبات هذه الطبقة ونفاذ المواد الغذائية للنبات منها بسرعة ،

٢ - كثير من أنواع البكتيريا الفاعلة التي تمتص النتروجين من الهواء أو من التربة لتعطيه للنبات مباشرة أو للتربة - لا يمكنها أن تعيش في طبقات التربة المغنية بالرطوبة ،

٣ - تجميع التربة بالمياه يساعد على تحول مادة السيلولوز إلى أكسيد الكربون الذي يذوب في الماء ويؤدي إلى الإحمرار بالنبات ،

٤ - تسبب زيادة المحتوى الرطوبي نتيجة ارتفاع مستوى الماء الأرضي تأثر أشجارها كما وتعرضها للأسرّاس الوظيفية (الفسيولوجية) والأمراض الطفيلية

سواء فطرية أو بكتيرية مثل أمراض البياض والعدا والتقيب والتجمد التي تصيب أشجار الحلويات وتصمغ الجذور وتصمغ الأغصان في الثاوئع وضعف النمو الخضرى ونصر عمر الأشجار وجفاف السوق والفروع وتمفن الجذور وذبولها مما يؤدي إلى نقص الإنتاج هذا ووزنا وحجما و

هـ - ارتفاع مستوى الماء الأرضى في فترة تزهير القطن وتكوين اللوز يؤدي إلى جفاف اللوز والأزهار وسقوطها وإلى إحرار الأوراق وانتشار مرض العنكبوت الأحمر وبالتالي تؤدي إلى نقص واحة في محصول القطن . وعلى سبيل المثال فإن نبات القطن إذا غمرت بعض جذوره أدى ذلك إلى سقوط اللوز وفي ذلك خسارة جسيمة إذ أن سقوط لوزة واحدة يضعف على أنوطن حوالى ٣٠ مليون قنطار أى أكثر من ٥٠ مليون جنيه وذلك باعتبار أن الشجرة تحمل في المتوسط عشرة لوزات وأن المحصول الكلى حوالى ٣٠ مليون قنطار .

وتشير نتائج التجارب إلى التأثير المباشر على المحصول نتيجة لارتفاع مستوى الماء الأرضى ولو لفترة قصيرة أثناء دورة حياة النبات وفيما يلى مثل لذلك مع نبات الشعير باعتبار أن المحصول الناتج عند خفض مستوى الماء الأرضى إلى ٨٠ سم بصفة مستديمة أثناء نمو النبات يعادل ١٠٠ وحيث تم رفع منسوب الماء الأرضى لمدة ١٥ يوم في فترات مختلفة من عمر النبات :

المحصول في حالة العمق الذى رفع إليه منسوب الماء الأرضى إلى:				فترة رفع منسوب الماء الأرضى
٨٠ سم	٥٠ سم	٢٥ سم	١٠ سم	
١٠٠	٥٧	٣٠	٢١	١٠ يولية ٢٥ يولية
١٠٠	٧٦	٤٦	٢٦	٢٠ يولية ٥ يولية
١٠٠	٢٩	٢٩	٢٠	أول يولية ١٥ يولية
١٠٠	٤٥	٣٦	١٣	١٠ يولية — ٢٥ يولية

جدول ١ - ١ : تأثير فترة رفع منسوب الماء الأرضى إلى أعماق مختلفة على محصول الشعير .

ويرى بوضوح من الجدول (١-أ) مدى توقف النقص في إنتاج محصول الشعير على فترة دورة حياة النبات التي رفع خلالها منسوب الماء الأرضى ، وواضح أن نقص المحصول تأثر أكبر الأثر في بداية حياة النبات وذلك لعدم تمكن جذوره من التعمق في التربة ونموها في الطبقة السطحية من التربة فقط وبالتالي عدم إمكان هذه الطبقة من موافاة النبات بالاحتياجات المائية مع تقدم عمر النبات علاوة على عدم مقدرة النبات على تحمل العطش إذا ما زاد عمق المياه الأرضية ، كذلك فإن نقص المحصول أكثر تأثراً في فترة طرد السنابل وهي فترة زيادة معدل امتصاص الماء والناصر الغذائية إلى أكبر معدل أى أن ارتفاع منسوب الماء الأرضى في هذه الفترة قلل من مقدرة النبات على امتصاص جميع احتياجاته نتيجة سوء التهوية والعوامل الأخرى السابق شرحها .

وبصفة عامة فإن الصرف الجيد يؤدي إلى التكبير في زراعة المحاصيل ويزيد من كينها ويؤدي إلى تحسينها وجودة نوعها كما يرفع من قيمة الأرض الزراعية علاوة على تقليل الوقت اللازم للزراعة إذ أن تأخر وضع البذور أسبوعاً واحداً

الكان	المساحة بالهكتار	كثريات الصريرم الوراثه/بضان بالطن	بجمع كثريات الصريرم الوراثة	الاصلاح للمدانة التي اوزيت/بضان خلال ٣ سنوات بالطن	بجمع الاصلاح المدانة التي اوزيت خلال ٣ سنوات بالطن	الجموع
فيضا	٣٠٠٠	٣٠٤٠	٩١٢٠	٧٣٠٠	٣١٩٠٠	.. ..
سردييه	٢٠٠٠	٧٤٠٠	٤٨٠٠	٧٥٠٠	١٥٠٠٠	.. ..
سرسا	٢٠٠٠	٣٥٠٠	١٠٥٠٠	٨٣٥٠	٢٥٠٥٠	.. ..
بلفور	١٣٠٠	١٥٠٠	١٩٥٠	٣٠٠٠	٣٩٠٠	.. ..
بيلراة	٧٣٠٠	٣٧٥٠	٨٦٢٥	٩٠٠٠	٢٠٧٠٠	.. ..
	١١٦٠٠	..	٢٤٩٩٥	..	٨٦٥٥٠	

جدول ١ - ج: الاصلاح الوراثة بعد تنفيذ المصارف المتطاه بفترة ثلاث سنوات .

EC _e in mmhos/cm	Embabe		Belbeis	
	Percentage of area Before drainage	After drainage	Percentage of area Before drainage	After drainage
Less than 2	35	81	17	38
2 - 4	39	17	26	42
4 - 6	20	2	29	18.5
8 - 16	0	0	27.5	1.8
more than 16	0	0	0.5	0

جدول ١-د : Desalination of saline parts
of the Embabe and Belbeis surface soil (0-0.5 m.) one
year after the construction

EC _e in mmhos/cm	Embabe		Belbeis	
	Percentage of area Before drainage	After drainage	Percentage of area Before drainage	After drainage
From 0 - 1	6	14	0	1
1 - 2	38	81	17	62
2 - 4	39	8	26	33
4 - 6	20	0	29	4
8 - 16	0	0	27.5	0
more than 16	0	0	0.5	0

جدول ١-هـ : Desalination of saline parts
of the Embabe and Belbeis surface soil (0-0.5 m.) in 1966
The construction of the drainage system in Embabe is
finished in 1983 and is finished in Belbeis in 1984.

د - بالنسبة للحشرات :

التربة هي المسكن الطبيعي للحشرات بمعنى أن التربة المشبعة بالمياه تلائم معيشة الحشرات ومن سوء الطالع أن الحشرات الشديدة الضرر بالزراعة تهوى التربة الزائدة الرطوبة وتتخذها مسكناً أو تتحصن بها في مختلف أطوار حياتها أو أدورياتها فتتجر من حر الصيف ومن برد الشتاء وتهلج التبات في أخطر مراحل حياته وهي مرحلة النمو في الصغر ومرحلة الإثمار في الكبر. ومثال لذلك : الدودة القارضة التي تصيب القمح والتي تلشظ لدرجة كبيرة إذا ما زاد المحتوى الرطوبي إلى ٦٠ ٪. والحفار الذي يتغذى بالغلل والبقول والفطن والقصب ودرنات البطاطس ومثل التديئة الرملية وبرغوث الأرض الذي يصيب الفطن في المناطق ذات المحتوى الرطوبي العالي وكذلك دودة ورق القطن التي لا تأكل ورق القطن فحسب بل تأكل يراعه وزهره ولوزه وتنخر سيقانه ولا يقتصر أذاها على القطن وحده بل تصيب أكثر من خمسين نوعاً من أنواع النباتات . الأخرى وتمضى هذه الحشرة فصل الشتاء ومتنصف الربيع عتفية في البرسيم على هيئة ديدان كبيرة وشرائق في الأرض لا تخرج إلا لتضع بيضها على القطن بدليل : أن جناسه أرض البرسيم وتقع رطوبة التربة يؤديان إلى قتل عدد كبير من شرائقه.

هـ - بالنسبة للتربة :

١ - بتة التربة :

كثيراً ما يقاس حجم وشكل وترتيب حبيبات التربة ومسامها من تشبع التربة بالمياه إذ عند تشبع التربة بالمياه يقل إلى حد كبير النشاط الحيوي كما يقل نشوء جذور النبات وإذا ما استمر هذا التشبع بالمياه فإن دورق التجفيف والبلل وما يصحبها من انكماش وتمدد لا يكون لها وجود وبالتالي تحرم الأرض من المزايا الطبيعية

التي تصحب التجفيف من تشقق وتبوية وغيرها . كذلك مما يؤدي بناء التربة كثيرا عمليات الحرث والوراء وجنى المحصول إذا تمت في أرض عالية المحتوى الرطوبي أو مشبعة بالمياه ويلاحظ هذا جيدا في المساحات سيئة الصرف إذا قورنت بمساحات أخرى جيدة الصرف كما يلاحظ التحسن الكبير في بناء التربة إذا تحسن الصرف علامة على تحسن معدل ركة المياه خلال طبقات التربة ذاتها فالصرف يؤدي إلى تجميع حبيبات التربة الصغيرة مع بعضها مكونة مجاميع أكبر حجما مما يؤدي إلى تسهيل عملية الحرث والعمليات الزراعية الأخرى.

٢ - تهوية التربة :

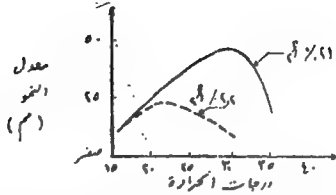
تشبع التربة بالمياه معناه امتلاء المسام بها مما يسبب عرقلة اختراق الهواء لهذه المسام وبالتالي يقل انتشاره فيها مما يؤدي إلى هبوط مستوى الأكسجين وارتفاع مستوى ثاني أكسيد الكربون نتيجة لتحلل المواد العضوية مكونة مواد هيدروكربونية قد تقسب في تأخير نمو النباتات وتعرقل تنفس النباتات فتلا إذا تعرض نبات البنجر إلى تهوية ضئيلة فإن درناته تصبح غير منتظمة وغير متكاملة. كذلك فإن البطاطس غير المنتظمة والتي يكون سطحها غير مستوي غالبا يكون نموها في أرض سيئة التهوية عادة . وباختصار فإن تشبع التربة بالمياه معناه تقييد الخواص الكيميائية والطبيعية والحيوية لها . والمعروف أن الأكسجين يساعد على تحويل المواد الغذائية إلى مواد في صورة ذائبة . كذلك هو عامل هام في تحلل المواد العضوية وفي عملية إنبات البذور ونشوء الشعيرات الجذرية إذ لا ينمو أى نوع من جذور النباتات في غياب الأكسجين وقد ذكر كانون عام ١٩٢٥ (Cannon) أن معظم النباتات تنم بشكل عام ضرورة احتواء الأرض في منطقة الجذور على ١٠ ٪ من الهواء أى ٢ ٪ من الأكسجين ، لذلك فإن قلة الأكسجين أو

انعدام وجوده معناه اختناق الجذور وموتها ، وفي النهاية ذبول النبات وموته .
والنباتات التي تنمو طبيعيا في اراض جيدة الصرف والتهوية تكون في العادة
حساسة لآي نقص في الاكسجين وحتى النباتات التي يمكنها أن تعيش مغطاة
بالتربة أو خلافا لفترة طويلة كبعض أنواع التوت البري (Cranberries)
فإنها تقامى سوء التهوية إذا تشبعت التربة بالمياه وساء صرفها . وهناك بعض
النباتات تتحمل قلة الاكسجين لفترة طويلة إذ تحمل فيسقاتها وجذورها بعض
الانسجة الخاصة التي تنقل الاكسجين اللازم للجذور وقت الحاجة . ونظراً
لأن ثاني أكسيد الكربون نادراً ما يحدث بالوقرة - في التربة - التي تؤدي إلى
إذناء النبات فإن فضوب الاكسجين هو العامل الحرج في الاراضي العالية المحتوى
الرطوب والاراضي المشبعة بالمياه . ولأننى أن سوء التهوية يقابل من محدود
المصاراة إلى أعلا الساق ويقلل من امتصاص النبات للمواد الغذائية . وفي دراسة
للمالم لاوتن (K. Lawton) بولاية أيوا (الولايات المتحدة) على الذرة
الشامية وجد أن نقص الامتصاص كالآتي :

يوتاسيوم < كلسيوم < مغنسيوم < نيتروجين < فوسفور

بينما يريد امتصاص أكسيد الحديدوز والمنجنيز لحد قد يؤذى جذور النبات
إذا زاد تشبع التربة بالمياه وكذلك ربما يريد كبريتيد الهيدروجين إلى المستوى
السام إذا تغلغل كيات وافرة من المواد العضوية وشكل (٢) بين الفارق الكبير
في معدل نمو الجذور لنبات القطن (*Gossypium barbadense*) عند نسبة
٢١٪ من الاكسجين عنه عند نسبة ٢,٢٪ من الاكسجين .

وقد ذكر فسر (Viasser, 1941) أن التربة السوداء في جروتجن هولندا
التي تحتوي نسبة عالية من الاكسجين تعطي محصولا عاليا.



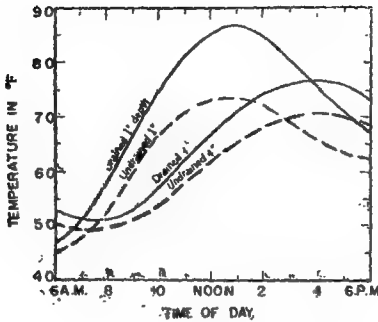
شكل ٢ : معدل نمو الجنذور لنباتات القطن *Gossypium barbadense* عند درجات حرارة مختلفة مع نبات الضغط جزئيا بالنسبة للأكسجين

(Cannon, 1928)

ويزيد ثاني أكسيد الكربون كلما زاد عمق التربة بينما يقل الأكسجين ومع زيادة ثاني أكسيد الكربون في هواء التربة تقل نفاذية جدران الشعيرات الجفنية وتقل قدرتها على إدخال المياه إلى خلاياها .

٣ - حرارة التربة :

لاشك أن حرارة التربة تؤثر بمدى تعرضها لأشعة الشمس وكية الظل عليها وقوة الإشعاع والمحتوى الرطوبي للتربة بالإضافة إلى حركة المياه داخل طبقات التربة . والأراضي جيدة الصرف ترتفع درجة حرارتها أسرع من الأراضي ذات المحتوى الرطوبي العالي . الأراضي المشبعة بالمياه بما يقدر بفرق حوالي ٨ درجات مئوية عند عمق ١/٢ سم وأربعة درجات مئوية عند عمق ١٠ سم كما هو واضح بشكل ٣ وذلك يرجع إلى أن الحرارة النوعية (Specific heat) للماء تساوي ١,٠ عند درجة حرارة ١٥ مئوية بينما الحرارة النوعية لتربة جافة تساوي ٠,٢ في المتوسط وهذا يعني أنه لرفع درجة حرارة حجم معين من الماء درجة



شكل ٣ : تأثير الصرف على حرارة التربة

حرارة واحدة فإنه يحتاج إلى حوالي خمسة أضعاف ما يحتاجه نفس الحجم من التربة الجافة . لذلك فإنه كلما يرتفع المحتوى الرطوبي للتربة كلما تزداد كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارتها . كذلك فإن بخر المياه من التربة المشبعة بالماء يؤدي إلى نقص درجة حرارة التربة أو برودتها إذ يلزم ٨٠٠ كالوري من الحرارة لتحويل جرام واحد من الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية تؤخذ أغلبها من التربة . وأخطر أثر لزيادة الرطوبة بالتربة أو تشبعها بالمياه على حرارة التربة هو عند فترة إنبات البذور إذ يزيد معدل النمو والإنبات الطبيعي مع زيادة درجة الحرارة ما بين درجة حرارة ٢٠ مئوية و ٣٠ مئوية في حالة نسبة الأكسجين العالية كما هو موضح بشكل (٢) . كذلك فإن خفض درجة الحرارة يحد من تفرع البات ويقلل من نشوء الجنذور اشعرية كما يؤثر على فترة البسات أو السكون Dormancy وعلى معدل أضج المحصول . وبالإضافة إلى ذلك فإن

خفض درجة الحرارة يؤثر على امتصاص وتركيب المواد العضوية وتحول المواد الغذائية من صورة إلى أخرى وعلى عملية التنفس وعلى قوة خلايا النبات لتجميع الأيونات الغذائية ، ورغم أن خفض درجة الحرارة لا يؤثر امتصاص النيتروجين إلى الحد الخطير إلا أنه يؤثر على معدل تحويل النترات إلى الصور العضوية ، كذلك فإن معدل امتصاص الماء من التربة ينخفض إلى الحد الذى يسبب الذبول إذا أحدث التنفس السريع بالنبات فرقاً كبيراً فى الرطوبة نتيجة لعدم استطالة الجذور بالتدوير المناسب أو نتيجة خفض معدل حركة الماء من التربة إلى النبات أو نتيجة ارتفاع لوجة الماء والمواد الحيوية المكونة للخلايا وخفض مسامية خلايا جدران النبات . كذلك فإن خفض الحرارة مصحوباً بسوء التهوية يستبان فقد النبات قدرته على مقاومة الأمراض ، ومثال ذلك ما يحدث لنبات الدخان والبصل من تحفن الجذور . وقد ثبت أن بعض النباتات تقل مقاومتها للأملاح فى الجو الحار عنها فى الجو البارد وإن كان ذلك يتوقف على مدى ملءة النبات الجوى الذى يتعرض له .

٤ - تركيز الأملاح :

من المؤكد أن عدم توفر الصرف الجيد مع ارتفاع منسوب الماء الأرضى إلى قرب سطح الأرض والذي يحتوى غالباً على أملاح ذائبة - يؤدى إلى ارتفاع المياه بالمخاصة الشعرية حتى سطح الأرض حيث تنشط عمليات التسبب والبخر تاركة الأملاح على السطح العلوى وفى طبقات التربة العلوية ومنها مناطق نمو جذور النبات . ومن هذه الأملاح مركبات الصوديوم التى تسبب ملوحة التربة والأملاح المنفسيوم التى تسبب لوجة التربة وصعوبة خدمتها . وكلما ازدادت عمليات التسبب والبخر كلما تراكمت الأملاح على سطح الأرض وفى طبقاتها العليا حيث يتموت فيها النبات . والأملاح تؤثر فى نمو النبات عن طريقين :

الأول : عن طريق تقليل كميات المياه التي يأخذها النبات من التربة بسبب ارتفاع الضغط الاسموزي الذي يعتبر وسيلة للتعبير عن كمية الأملاح بالمحلول المائي حول جذور النبات ،

والثاني : عن طريق التأثير السام للأملاح إذا زاد تركيزها عن حد معين .

والتأخر في نمو النبات يتأثر مباشرة بارتفاع الضغط الاسموزي بنقص النظم عن نوع الأملاح . فقد وجد أن التربة التي تقدر ملوحتها بحوالي ١ مليمول/سم لا تعطي فرصة لإنبات القول بنسبة أكثر من ٤٠ ٪ من ظهوره . كذلك فإن الكلوريدات والصوديوم واليوريدون والبيكربونات تأثيرها سام لبعض النباتات لاسيما معظم الفواكه .

من أجل ذلك يلزم دراسة العلاقة بين ملوحة الأراضي وبين ملوحة المياه الأرضية أو المياه الجوفية العالية المنسوب والقرية من سطح الأرض ، وكذلك تأثير مستوى الماء الأرضي وأسباب هذا الارتفاع واتجاه حركة المياه الواجب صرفها . وقد يؤدي تشبع الأراضي بالمياه أو زيادة محتواها الرطوبي إلى إحداث تغيرات كيميائية وطبيعية تتحول بتأثيرها بعض المركبات والأملاح القابلة للذوبان إلى مركبات غير قابلة للذوبان لانتاج أن تتجمع بالتربة فتصبح الأراضي غير صالحة للزراعة صعبة العلاج .

٥ - أعمال المكافحة الزراعية :

من غير الممكن تشييل أعمال المكافحة الزراعية الحديثة بكفاءة عالية في الأراضي المشبعة بالمياه أو ذات المحتوى الرطوبي المرتفع - سواء ملحيات.

الحرف أو جنى المحصول أو مختلف العمليات الزراعية المتنوعة . كلما انخفض منسوب الماء للأرضى حتى حد معين كلما زادت كفاءة التدفيل وبالمثل كلما انخفض المحتوى الرطوبي .

مباحث الصرف (Drainage Investigations)

العوامل الرئيسية التي يجب أخذها في الاعتبار لمواساة أى مشروع الصرف الزراعى هى ما يتصل مباشرة بالماء والتربة التى سيتم صرفها مثل الخواص التربةوغرافية وخواص التربة والمياه الأرضية وموارد المياه . لذلك يجب طرح الأسئلة الآتية حتى تظهر صورة متكاملة واضحة عن مشروع الصرف :

١ - هل هناك أو هل سيكون هناك فائض من المياه ؟

٢ - هل يتوفر مخرج أو مصب مناسب لهذه المياه ؟

٣ - ماهو مصدر المياه الزائدة ؟

٤ - ماهى الاحتياجات الصرفية (Drainage requirements) أو بالفاظ

أخرى : هل يمكن للتربة أن تصرف بكفاية مناسبة ؟ وما مقدار المياه التى يجب إزالتها ؟

٥ - ماهى أحدن الوسائل للصرف حتى يمكن استخدامها كى تعطى أحسن

النتائج ؟

وللمحصل على إجابة شافية لجميع هذه الأسئلة ، فإن أولى الخطوات لعمل المباحث الأولية لمشروع صرف ما ، هو جمع وفحص وتحليل جميع البيانات المتوفرة والمخاضة ببيولوجية المساحة وطبوغرافيتها ، فالعوامل الجيولوجية وبالأخص الجيودورفولوجية تساعد على تفهم وتحليل ما يحدث من مشاكل صرف

وطريقة حلها ، حيث أن التربة هي نتيجة لمواد الأمل والطبوغرافية والمناخ والغطاء النباتي وهوامل التجوية ، إذ أن كل هذه العوامل تعدد قوام التربة ونواصها الكيماوية وصفاتها الهيدروليكية وغيرها . مثال ذلك طرق تكوين مواد القشرة الأرضية وما صاحبها من طبوغرافية السطح وكذلك وجود الخزانات الأرضية بما سبب ارتفاع المياه تجاه سطح الأرض . ويدخل تحت المساحة الطبوغرافية عمل: الميزانية الشبكية والقطاعات الطولية والعرضية لمعرفة مناسيب سطح الأرض وخطوط الكنتور وانحدارات سطح الأرض ومعرفته: أطوال هذه الانحدارات وموقع واتجاه المنصرف الطبيعية إن وجدت ومخارج المياه ومصباتها والمناطق المنخفضة المعرضة لتجمع المياه وكل ما يؤثر على الصرف كالطرق والآبار وخطوط السكك الحديدية وأي أعمال صناعية وحدود الملكية وغيرها . ويتوقف مقياس رسم هذه الخرائط الطبوغرافية على حجم المساحة وأغراض الدراسة ، كما يمكن الاستفادة من الصور الجوية (Aerial photographs) لتحديد مجرى الصرف الطبيعية والصناعية وكشف مواقع ومشاكل الصرف واليقع حيث معا كل الملوحة والقلوية وكذلك تحديد مصادر المياه الواردة .

وبالإضافة إلى ذلك فن الضروري جمع وفحص وتحليل: بيانات أرباح الآبار ومناسيب المياه ، وتدفقها ، وحدوثها ، وتوزيعها ، وحركتها ، ونوعها ، والامطار والجريان السطحي ، والمعلومات الخاصة بالتربة لاسيما تكوينها وطبيعتها وكيميائها ومقدرتها على نقل المياه . ونتيجة تحليل هذه البيانات تكشف عما يراد استيفاه من معلومات .

أولاً : استطلاع الحقل (Reconnaissance) :

ويحدد منه الآتى :

١ - موقع وكفاءة الجارى المائية الموجودة وحسب حدود القرى والحقول
والملكيات المختلفة ،

٢ - موقع ومائة المصببات (Outlets) ومداخل المياه ،

٣ - موقع وصفات مجارى الرى وفروعها والآبار والينابيع والسبرك
(Ponds) والخيازانات المائية وأى موارد مائية أخرى ،

٤ - وسائل وطرق الرى الحالية وكفاءتها والتسوية والانحدارات ... الخ ،

٥ - تقديرات مبدئية عن مستوى الماء الأرضى وتذبذبه واتجاه حركته بالمياه ،

٦ - أنواع المحاصيل الزراعية وحالتها وأى اتجاه التغييرات المستقبلية .

٧ - نوع وموقع والمسافة بين أى مصارف موجودة فعلاً وتأثيرها إن
وجدت والمقارنة بمساحات مشابهة فى الظروف المحلية للموقع المراد إنشاء مشروع
الري فيه ،

٨ - أى علامات وملاحظات تدل على وجود فيضانات عالية أو سيول ،

٩ - الصفات الطبوغرافية الواضحة والى قد تؤثر على موقع المصارف . ويمكن
عمل مساحة طبوغرافية والى يدخل تحت دراستها عمل ميزانية شبكية وقطاعات
طولية وعرضية على ضوء المناسيب الموضحة بخطوط الكنتور حيث يتوقف إنشاء
المصارف ويبنى على الانطلاقات مناسب أرض الزراعة ومناسيب المبدأ والمناسب ،

١٠ - أى دلائل للملوحة أو القلوية بالمساحة

الكثيفة أو يشير إلى تراكم بعض المياه السطحية عليها مما يستلزم الالتفات لتسجيل وجود نحر من عدمه في بعض المساحات المجاورة ،

٥ - إذا ندر ظهور النباتات في مساحة ما في الوقت الذي توجد فيه نباتات بكثافة حول هذه المساحة فإن ذلك يدل إما على مسامية عالية جداً للطبقات السطحية لان توفر الماء الضروري لوجود النباتات وإما يدل على انعدام المسامية تماماً أو إلى قطاع تربة غير عميق ،

٦ - إذا ظهرت الألوان الرمادية أو الزرقاء الخفيفة أو السوداء في قطاع التربة فهذا يشير إلى وجود كميات مياه رشح بوفرة ،

٧ - الألوان البني والاحمر والاصفر في قطاع التربة تدل على صرف جيد وكاف تحت الظروف الطبيعية ،

٨ - ظهور أعراض ملحوحة التربة في مساحة ما يشير إلى كميات رشح من المناطق المجاورة أو إلى منسوب ماء أرضي مرتفع أو إلى كمية بحر مرتفع للياه السطحية المتجمعة في الاجزاء المنخفضة وبالتالي فإن صرفها رديء ،

٩ - ظهور البقع المليئة بالطوبخة تتجاوز أخرى جافة قد يدل على متآكل توصيل هيدروليكي أو فسادية منخفضة لطبقات التربة تحت السطح التي قد تكون مترجمة أي غير آتية ،

١٠ - نمو النباتات المحبة للياه (Water loving plants) مثل الصفصاف (Willows) أو (Tules) بمناطق واعلة يدل على منسوب عالي للياه الارضية وكميات من مياه الرشح من مناطق أخرى عالية أو يدل على مصادر مياه سطحية قريبة و

١١ - إذا كانت باء الصرف بمنطقة ما قليلة جدا وتحتوى على نسبة من الطين المعلق بها فإن ذلك يدل على أن الأراضى بهذه المنطقة قوية بعكس الأراضى الملحية التى تكون فيها مياه الصرف رقيقة.

ثانيا - لمباحث التفتت سطحية (Subsurface investigations) :

والفرض منها جمع وتحديد المعلومات الآتية :

١ - صفات التربة لاسيما الصفات الخاصة بقل وتوصيل المياه (Transmission

properties of soil) وهى :

١ - صفات طبيعية ومنها الكثافة ^(١) (أنظر الملاحظة بذيال الصفحة) وحجم الحبيبات وتوزيعها وبناء التربة ولونها وأى تغير بها رتبتها (Mottling) وأى بلورات ملحية يمكن رؤيتها (Visible salt crystals) رأى ظروف غير ثابتة للتربة (Unstable conditions).

(١) يمكن الحصول على كثافة الحبيبات الصلبة للتربة باستعمال إناء خاص

(Pycnometer) وحساب :

الكثافة = كثافة الماء (جم/سم^٣) [وزن الإناء وبه عينة التربة بعد تجفيفها بالفرن - وزن الإناء وبه الهواء] / [وزن الإناء مملوء بالماء - وزن الإناء وبه عينة التربة بعد تجفيفها فى الفرن - وزن الإناء وبه الهواء - وزن الإناء مملوء بالمعينة والماء]

أما كثافة التربة الظاهرية فيمكن الحصول عليها بقسمة وزن المعينة بعد تجفيفها فى الفرن على حجم المعينة كما حصل عليها من الاختل. والنموذجام بشكل يعطى العلاقة بين كثافة التربة الظاهرية والمسامية وكثافة حبيبات التربة.

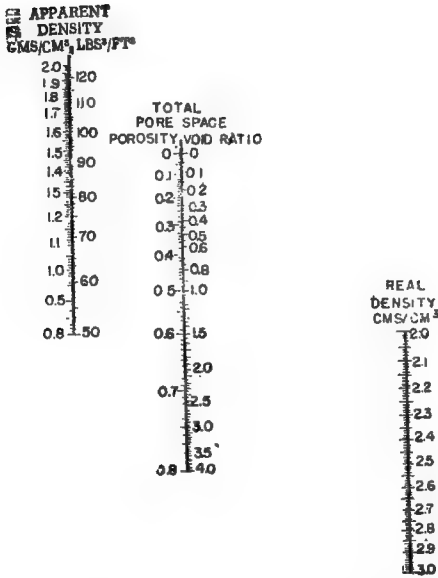
٢ - الصفات الكيماوية ونسبة الأملاح بها وأزاعها ودرجة تركيزها ونسبة الصوديوم المتبادل وكميات الجير والحبيس . وتعتبر ملوحة التربة مرتفعة إذا بلغت قيمة ودرجة التوصيل الكهربائي (Electrical conductivity) بالمليموز / سم عند درجة حرارة ٢٥° م لمستخلص التربة - ٥ - ١٠ - ١٦ مليموز / سم بينما تعتبر الملوحة متوسطة إذا بلغت من ٤ - ١٠ مليموز / سم بينما تعتبر معتدلة إذا بلغت من ٢ - ٤ مليموز / سم . أما إذا بلغت أقل من ١ مليموز / سم فتعتبر ملوحة التربة عادية . (للحصول على الملوحة بالجزء في المليون تضرب درجة التوصيل الكهر.بائي في المقدار ٦٤٠) .

٣ - صفات التربة الخاصة بنقل وتوصيل المياه ومنها :

- (i) مسامية^(٢) التربة ونفاذيتها ومعامل التوصيل الهيدروليكي ،
- (ii) قدرة التربة على الاحتفاظ بالمياه (Moisture holding capacity)
- معبراً عنها بالسعة^(٣) الحقلية (Field capacity) إلى تساوى المسك النوعي (Specific retention) أى كمية المياه التى تحتجزها التربة بسبب القوى الجزيئية

(٢) مسامية التربة هى النسبة المئوية للفراغات بحجم معين من التربة والى لامتغله المواد الصلبة بالنسبة إلى هذا الحجم الكلى من التربة والتوزيع الجرام بشكل يعطى العلاقة بين كثافة المواد الصلبة التربة والكثافة الظاهرية والمسامية .

(٣) السعة الحقلية هى المحتوى الرطوبى للتربة فى الحقل بعد مضي يومين أو ثلاثة من ريها رية غزيرة أو من فطول الأمطار على قطاع التربة بنزارة ويمكن التعبير عنها كنسبة إلى الوزن الحاف للتربة (تخزين المياه بين تشبع التربة وسعتها الحقلية يعادل من ٤ - ٨ ٪ فى معظم مساحات دلتا النيل) .



شكل ٤ : نموذج يعطى العلاقة بين كثافة التربة الظاهرية والمسامية وكثافة حبيبات التربة .

انخفاضها . وقد سمي المسامية المصرفية أحيانا السعة أو الإنتاج النوعي (Specific yield) الذى يساوى معامل التخزين (Storage coefficient) فى الخزانات الغير محدودة (Unconfined) . والعلاقة بين المسامية النوعية (Porosity : P) والسعة الحقلية أو المسك النوعي (R) والإنتاج النوعي (S) أو المسامية المصرفية هي :

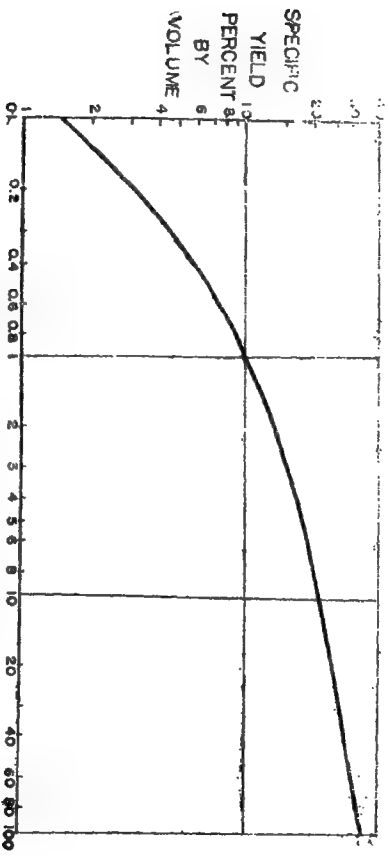
$$S + R = P \quad \dots (١)$$

وشكل (٥) يبين العلاقة بين الفأضية أو معامل التوصيل الهيدروليكي والإنتاج النوعي (Specific yield) أو المسامية المصرفية (Drainable Porosity) لأكثر من ٩٠٠٠ جنة من أنواع مختلفة من التربة .

وتعطي المسامية المصرفية صورة واضحة عن مدى تخلص التربة من المياه الحرة بها الواقعة تحت تأثير الجاذبية الأرضية وهي المياه المطلوب للتخاص منها وصرفها .

وفي الحقيقة فإن أهم عامل هو النفاذية (Permeability) وبالتالي معامل التوصيل الهيدروليكي الذى يجب تحديده حتى عمق ٢ متر على الأقل في معظم الأحوال . ويرى بعض العلماء أن نوع معدن الطين السائد والأيونات السائدة عليه تلعب دوراً كبيراً في تحديد نفاذية السربة واستعمل لهذا الغرض اختبار حرارة الابتلال لتحديد نوع الطين والكاتيونات السائدة عليه .

ب - سمك طبقات التربة : ومدى استمرارها وعمق الطبقات الصماء والترتيب الرأسى لطبقات التربة المختلفة أى - تراتفقيتها (Stratigraphy) .
ومن أجل ذلك تحفر عدة آبار يعتمد عددها والمسافة بينها على نوع وأهمية



HYDRAULIC CONDUCTIVITY - INCHES PER HR.

شكل ٥ : العلاقة بين الإنتاج النوعي وسهولة التوصيل الهيدروليكي

الدراسات والبيانات وعلى حجم وشكل مشروع الصرف، وكبداية يمكن عمل :

١ ثقب (Hole) من كل ١٠ ثقب حتى عمق الطبقات الصماء ،

٢ ثقب من كل ١٠ ثقب حتى عمق ٩ - ١٢ متر و

٦ ثقب من كل ١٠ ثقب حتى عمق ٣ متر

كما تعمل عدة قطاعات طولية بحدد عليها البعد الكيلومتري ، ومدى وانحدار مختلف الطبقات، وعلاقتها بالسطح؛ وسيلة المياه الأرضية . وبناء مختلف الطبقات وكافة البيانات الممكن الحصول عليها . وقد يكون من المفيد عمل خرائط كتدويره لطبقات التربة المختلفة والطبقة الصماء وللمياه الأرضية . ويمكن رسمها على ورق شفاف لإمكان مقارنة بعض' مع البعض الآخر .

ثالثا - دراسات موارد المياه :

قد يكون مصدر المياه الزائدة المطلوب التوصل منها الآتي :

أ - تساقط المياه على أي شكل من أشكالها مطر أو خلافة (Precipitation)،

ب - مياه الري واستعمالها ،

ج - مياه الرش من كتل المياه السطحية (Water bodies) و

د - خزن هيدروستاتيكي من خزانات أرتيزية أو طبقات حاملة المياه أرضية

(Perching Water) منبذلة عن المياه الأرضية ذات المنسوب المنخفض .

وقد يكون مصدر المياه الزائدة خليط من أنواع هذه المياه ولا بد من معرفة

مصدر هذه المياه الزائدة حتى يمكن اتخاذ اجراءات فعالة، فإذا كان مصدر المياه

من الأمطار فقد يكون الحل هو الصرف السطحي، أما في حالة مياه الري الزائدة

قد يكون الحل هو تعليم المزارعين كيفية استعمال المياه بكفاءة عالية بجانب
المصارف ، أما في حالة الرش فالحل قد يتنوع على تبطين لبعض مجارى الري ،
أما في حالة الضغط الهيدروليكي فالحل هو استعمال آبار التخفيف أو آبار التفريج
(Relief wells) وجميع هذه الحلول قد تكون مربطة بعمل مصارف قاطعة
(Relief or Indterceptor drains) .

ونورد فيما يلي شرحاً مختصراً لهذه المصادر من المياه الزائدة : أ ، ب ، ج ،
د ثم نشرح في ه دراسات المياه الأرضية .

١ - تساقط المياه (Precipitation) :

ويلزم لذلك تحليل البيانات المتعلقة بالأمطار ، وأشكال المياه الأخرى ،
والجريان السطحي ، وتأثيرها على كمية المياه على سطح الأرض ، وتأثيرها على
منسوب الماء الأرضي . كما أن تسجيلات الأمطار لفترات طويلة يجب ربطها
ببيدوجراف مستوى المياه لفترات طويلة كلما أمكن ذلك علاوة على أن توزيع
الأمطار يجب ربطه بتذبذب منسوب الماء الأرضي . فمثلاً تلاق هذه التذبذبات قد
يشير إلى استمرار الأمطار كمصدر للمياه .

ب - مياه الري :

وفي هذه الحالة يجب دراسة :

- ١ - مناسبة الأنهار والترح المحيطة وكفاءة الري والقناة من مياه الري أثناء
تقلبات منسوبها وتوزيعها إلى الحقول وكيفية الأملاح الذائبة في مياه الري ؛
وحساسية المحاصيل المختلفة للأملاح ؛

٢ - تأثير كمية متصلة على منسوب الماء الأرضي ؛

٣ - تنذبب منسوب الماء الأرضى على مدار مواسم الرى والمواسم التى ليس بها رى و

٤ - تغير منسوب الماء الأرضى وخطوطه واتجاهاته لفترة عدة سنوات قبل وبعد الرى .

٥ - الرشح :

يجب المقارنة بين تنذبب منسوب الماء الأرضى وبين منسوب المياه مقنات الرى والخزانات المجاورة واستعمال مياه الرى بأى أراضى مرتفعة مجاورة إذ يشير ذلك إلى مصدر مياه الرشح . وكثيراً ما يدل نمو النباتات المحبة للبياء كالصفصاف (Tules , Willow's) وغيرها - على وجود منسوب مياه أرضية مرتفعة المنسوب أو على احتمال رشح تحت سطح الأرض . ويمكن استعمال الأصباغ أو الأملاح أو ثقوب الملاحظة (Observation holes) والبيزومتري لاكتشاف الرشح .

٥ - المنطق الهيدروستاتيكي :

قد يكون وجود آبار أرتيزية قديمة سبباً فى ارتفاع المياه من خزانات أرضية أرتيزية حيث تدلوها طبقات من التربة ضعيفة المسامية .

٥ - دراسات المياه الأوفضية :

تعمل الباحث لتحديد تناسب الماء الأرضى، وموقعه، ومداه، وتنذبباته، واتجاه حركة المياه، ومصدر هذه المياه، والمساحات التى تنفذ هذه المياه . وذلك بإنشاء ثقوب الملاحظة والبيزومتري مع تحليل قراءاتها . ويراعى أن تكون

الازمنة اللازمة لقراءة عمق المياه بهذه الثقوب والبيزومترات إما يومياً أو أسبوعياً أو شهرياً لمدة عام على الأقل وذلك للحصول على تسجيلات كاملة يمكن منها انعكاس جميع العوامل التي تؤثر على منسوب الماء الأرضي، ولا بد من رسم خرائط لهذه البيانات وتحليلها وإلا فلا قيمة لها ويحسن قيد أى ملاحظات نافعة خصوصاً عند حدوث أى تغيير مفاجيء لهذه القراءات. والخرائط والرسومات الهامة لتحليل هذه البيانات هي :

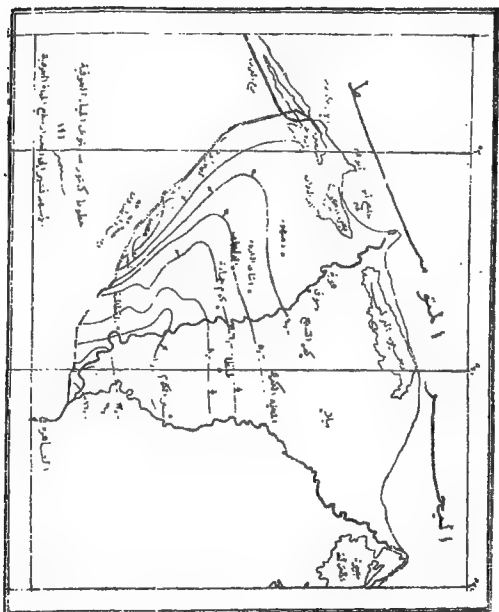
١ - خرائط مناسيب سطح الماء الأرضي :

ويوقع عليها جميع المواقف التي أخذت عندها منسوب سطح الماء الأرضي ثم تجهز خريطة كتوربية . ويراعى أخذ القراءات في أقصر وقت ممكن حيث أن قراءات يوم ما في موقع ما لا يمكن ربطها بقراءة أخدت بعد عدة أسابيع لمكان آخر. لذلك فإنه من الضروري تسجيل تاريخ الحصول على هذه البيانات . ويمكن من هذه الخرائط تحديد اتجاه حركة المياه من شكل وموضع خطوط الكنتور كما يبين على الخرائط مساحات الشحن (Recharge) ومساحات السحب (Discharge) ومعامل التوصيل الهيدروليكي والمسافات بين خطوط الكنتور وشكل (٦) يبين خريطة بها بعض البيانات المطلوبة .

٢ - خرائط العمق حتى منسوب الماء الأرضي :

(Water—Table Isobath Maps)

وتجهز بوضع خريطة منسوب الماء الأرضي فوق خريطة طبوغرافية لنفس المساحة حيث تحدد المواقف التي تقاطع عندها خطوط الكنتور بالخرائط بين وبدون الفرق بين الكنتورين عند موقع تقاطعها وباستعمال هذه القيم يمكن رسم خريطة كتوربية توضح العمق حتى المياه الأرضية عند أى نقطة .



وقد تجهز أيضا بتدوين عمق المياه تحت سطح الأرض عند مواقع أخذ هذه
الأمعاق ثم ترسم خريطة كنتوية من هذه القراءات .

٢ - خرائط العمق حتى الطبقة الصماء :

وتجهز كما في ٢ - إذا أمكن جمع بيانات كافية عن عمق الطبقة الصماء وتفيد
هذه الخرائط كثيرا في تحديد مواقع المصارف وحساب الاحتياجات المصرفية .

٤ - مقاطع او بروفيلات منسوب الماء الأرضي :

(Water - Table Profiles)

ويجهز كل قطاع بطول خط يشمل عدة ثقوب ملاحظة وذلك بتوقيع موقع
وعنق ثقوب الملاحظة ومنسوب الماء الأرضي وتحديد أية مصادر مياه [ينابيع
(Springs) أو قنوات أو برك (Ponds)] يمر بها القطاع .

ويفضل عمل القطاع عادة في اتجاه الانحدار (Downslope) في اتجاه
حركة المياه الأرضية لمختلف أوقات العام كل بلون معين على نفس القطاع وذلك
حتى يمكن المقارنة بين تذبذب هذه المناسيب ويمكن أن يحتوى القطاع بيانات
واقية عن أنواع التربة تحت السطح عند كل ثقب ملاحظة وكذلك منسوب الطبقة
الصماء كلما أمكن ذلك .

٥ - مقاطع بيرومترية (Piesometric profiles) :

وفيها توقع قراءات عدة مجموعات من البيرومترات على قطاع يمر بهذه
المجموعات وبدون منسوب المياه أو الضاغط عند كل بيرومتر عند نهاية الأنبوبة
التي أخذت عندها القراءة وترسم خطوط تمر بالنقط ذات الضغط المتساوي لتكون
خريطة كنتورية للضغط (Contour pressur map) بينما تكون الخطوط

المبودية على خطوط الضغط المتساوية شبكة سريان المياه (Flow network) وتوضح اتجاه حركة المياه وربما تبين مصدر المياه وتفيد هذه الطريقة في توضيح موقع مصادر المياه الأرضية .

٦- الهيدروجرافات :

ترسم مناسيب سطح المياه الأرضية مع الزمن لكل تقب ملاحظة ويثر ويؤثر مترقبين تنذب منسوب الماء الأرضي والاتجاهات العامة (Trends) لحركة منسوب المياه الأرضية . ويرجع الهيدروجرافات لحل بعض المشاكل الخاصة كما يمكن الحصول منها على بعض البيانات الإضافية لاستعمالها في تحليل وتفسير بعض الظواهر .

واجبا - أنواع قلوب الملاحظة (Observation holes) أو الرصد :

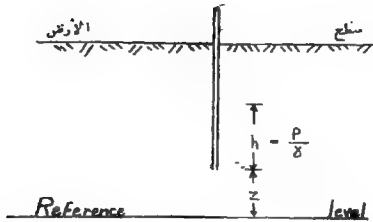
١- حفرة البرية أو الأوجر (Auger hole):

لتحديد وضع أو تنذب أو ضغط الماء الأرضي يحفر بالتربة حفرة بالأوجر يتراوح قطرها ما بين ٢ - ٤ بوصة . ومن أجل فحص طبقات التربة تحت سطح الأرض تجمع عينات التربة اللازمة، كما يتم تحديد صفات الطبقات المختلفة وتحديد القاذية ومعامل التوصيل الهيدروليكي، علاوة على تحديد منسوب الماء الأرضي وغير ذلك من البيانات والتحريك اللازمة. ويتحدد عمق الحفرة حسب الدراسة المطلوبة وبصفة عامة فيجب الوصول إلى عمق أكبر من ثلاثة أمتار على الأقل، كما أنه كلما زاد عدد الحفر كلما زادت البيانات والمعلومات مما يزيد من دقة تصميم شبكة الصرف (وعادة تعمل الحفر الغير حنيفة بمعدل حفرة كل ٢ متر طول أو كل ١٠ أمتة، كما تحفر العميقة بمعدل حفرة كل ٤ فدان وذلك في الأراضي

المتجانسة كدلتنا النيل) . وكثيراً ما يطلب تحديد مدى تذبذب ومصدر المياه الأرضية مما يتطلب عمل برنامج ملاحظة كامل خلال الموسم أو الفصل أو العام .
وحيث لا بد من تغطية قاع كل حفرة ببعض الولط ووضع ماسورة مخزومة في جوفها السفلى ، مناسبة تقطر ، داخل الحفرة مع حشو جدار الحفرة بين الماسورة والتربة بالولط أيضاً وتمتد هذه الماسورة حوالى نصف متر أو أكثر فوق سطح الأرض . ويفضل إنشاء هذه الحفرة بعيداً عن قنوات الري وبمساحة عن طرق الجارات الزراعية كما يجب تسجيل القراءات اللازمة لحساب المياه الأرضية قبل وبعد الري وأثناء نمو المحاصيل الزراعية شهرياً على الأقل في المزارع الغير زراعية . ويمكن من هذه البيانات رسم خطوط الكنتور للمياه الأرضية ومناسبتها واتجاه حركتها كما يمكن ربط أى تغيير في منسوب المياه الأرضية بالأمطار أو وشح الترع المجاورة ومياه الري . ويمكن تجهيز حفر الاوهر آلياً إذا ما زاد عددها أو إذا كانت طبقات التربة متدمجة (Compacted) أو مغطاة بالزمل والولط أو إذا زاد العمق عن ثلاثة أمتار .

ب - البيلومتونات (Piezometers) :

وهي مواسير من البلاستيك (أنظر شكل ٧) قطرها حوالى ٢ سم مفتوحة من أعلى وأسفل وتندق في الأرض إلى العمق المطلوب بعد عمل حفرة بالبريمة ثم وضعها ووضع زلط رفيع حولها ، ويجرى إنشاؤها لمعرفة ما إذا كانت هناك مياه أرتوية ذات ضغوط تؤثر على المنطقة ومدى تأثيرها على المياه الأرضية ، لذلك فإنها تستعمل بغرض تسجيل الحركة الرأسية للمياه في حالة وجود مياه أرتوية ، حيث تفرس أنابيب غير مخزومة قطرها: $\frac{1}{4}$ بوصة أو $\frac{1}{2}$ بوصة للأماكن القريبة حتى ٢٠ متر . وأسهلها ذو قطر من ١ - ٢ بوصة بعد تجهيز الحفر اللازمة بالبريمة



شكل ٧: بيذومتر غرس في الأرض لقياس الضاغط عند عمق معين

في مجموعات من اثنين أو أكثر على بعد حوالي ٣٠ سم، كل واحد من المجموعة حتى عمق معين (عادة ١٠، ١٥، ٢٠ متر)، حيث تصل نهاياتها إلى الطبقة التي تحرى المياه ذات الضغط المطلوب قياسه. وعادة يختم الجزء الأسفل بطول ١٠ سم، ثم يلف بقطعة من القماش النايلون لضمان عدم دخول الطمي من فتحاته ويحسن وضع الجزء الأسفل من ماسورة البيزومتر فوق كمية من الروط بارتفاع ٢٠ سم ويعطى البيزومتر الضاغط الهيدروليكي الكلى عند النقطة التي وصلت إليها نهاية الماسورة كآلاتي (ولسهولة مقارنة قراءات أي مجموعة توضع النهايات العليا في منسوب واحد) :

$$\phi = \frac{P}{\gamma} + z = h + z \quad \dots (2)$$

حيث :

ϕ : الضاغط الهيدروليكي الكلى (متر)،

P : ضغط المياه عند نهاية ماسورة البيزومتر (طن / م^٢) .

٨ : الوزن النوعى للمياه الأرضية (طن/م^٣) و

P/٨ : ارتفاع المياه في البيزومتر (بالمتر) .

ويؤثر عادة سطح الماء داخل البيزومترات التي توضع على عمق ١ ، ٥ ، ١٠ متر من سطح الأرض بالمياه الأرضية نتيجة مياه الري وليس بالمياه الجوفية العميقة (الأرتيزية عادة) بينما يتأثر منسوب المياه في البيزومترات على عمق ٢ ، ٥ متر أو أكثر نتيجة المياه العميقة (الأرتيزية عادة) ولا يتغير بها المياه الري .

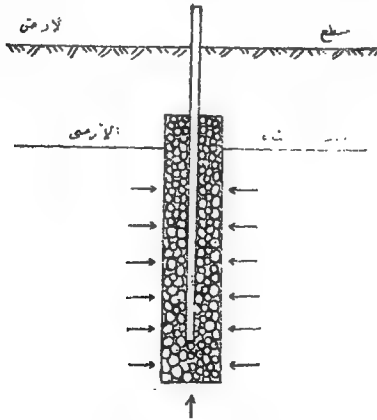
وتفحص البيزومترات في التربة مع وضع مسجل أو سدادة بأخر كل منها، لمنع دخول التربة بها ، ويحفظ كل منها باليد مع احتمال مطرقة خشبية ، وبعد وصول كل بيزومتر للمق المطلوب يدخل سيخ لإخراج المسجل أو السدادة من نهايته ثم توضع أنبوبة من المطاط أو البلاستيك لحفر فجوة (تتأ بالزمن مؤخرأ) بأسفل البيزومتر بمساعدة الماء تحت الضغط وبراى عدم تسرب المياه بين سائط البيزومتر والتربة كما يغسل بتدفق الماء داخله حتى يئلى معدل هبوط الماء به بعد ملئه .

وتستعمل قراءات البيزومترات لدراسة سريان المياه من قنوات ومجارى الميساء ولتحديد الرشح الرأسى لأعلى (Upward leakage) من الخزانات المحدودة (Confined aquifers) ، ومن أجل ذلك يوضع عدد ٢ بيزومتر أو أكثر لقياس التناغط الهيدروستاتيكى في التربة المشبعة أو عند عمق معين ويحظر استعمال البيزومتر لتحديد منسوب الماء الأرضى بتأناً . كذلك يستفاد من البيزومترات في أخذ أرقام لحد طولية حيث تقدر قيمة الضغوط التقصى بواسطة المعادلة عالية، ثم ترسم شبكة حركة المياه (Flownet) وبالتالي يمكن تعيين

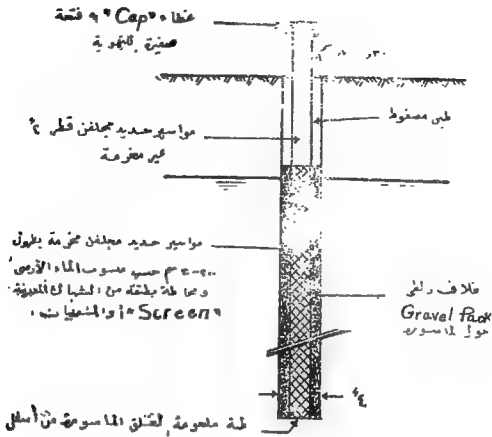
خطوط الضغط المتساوية (Equipotential lines) ثم خطوط انسياب المياه (Stream lines) ، برسم حركة المياه يمكن تحديد اتجاه المصارف المحلية في الاتجاهات العمودية على حركة سير المياه لعينان الحاصل على أقصى تصرف لها .

٥- آبار الرصد أو الملاحظة (Observation wells) :

وهي إما غير مغلفة أو مغلفة بمواسير مخرومة (أنظر شكل ٨ ، ٩ ، ١٠) وتنفذ في اتجاهين عموديين طول وعرضي لمعرفة مناسيب أسطح المياه الأرضية ومعرفة حركتها وضغطها البيزومترية المؤثرة على المنطقة ولتحديد منسوب سطح المياه



شكل ٨ : آبار رصد أو ملاحظة



مخطط لبئر لرصد المياه السطحية.

شكل ٩: بثّر لرصد الحركة الجانبية أو القطرية (Radial flow)

للبياء السطحية

الأرضية (Free water surface) . والآبار المغلفة عبارة عن مواسير مخزومة بطول ٢ متر من أسفل وعادة بقطر صغير ($1\frac{1}{2}$ - ٤ بوصة) ، تفرس أو تثقب بطول ٢,٥ متر عادة بعد عمل حفرة بالبريمة ، حيث يراد الحصول على البيانات اللازمة لفترات طويلة كما يمكن بها قياس معامل التوصيل الهيدروليكي أو النفاذية.

ويراعى وضع طبقة من الزلط حول هذه الآبار لضمان عدم انسدادها .

ويراعى في اختيار الموقع استيفاء الأغراض المنشأ من أجلها البئر أو البئومتر أو الحفرة وتوقيمه على خريطة كما يراعى قرب الموقع من المواصلات لسهولة تسجيل القراءات ويسر الملاحظة كما يجب أن تكون المواقع في اتجاه موازى أو عمودى على انحدار سطح الأرض وفوق وأسفل أى تغيير في طبوغرافية الأرض وبحسن أن تعمل المواقع مع بعضها شبكة (Grid System) متكاملة .

كما يفضل تغليف الحفرة (Casing) حسب الحاجة - إذا أريد استمرارها فترة طويلة - بمواسير مخزومة إما حديدية أو معدنية أو من الأسبستوس أو من النسيج المشبع بالبيتومين (Bituminous Impregnated Fiber) أو من البلاستيك . ويراعى صنر ثقوب حوائط المراسير بحيث تسمح بمرور المياه دون أن تسمح بمرور حبيبات التربة إلى داخل الحفرة وعادة يستأخذ عن الثقوب بمسقيات طولية (Slots) عرضها $\frac{1}{2}$ بوصة، وعادة تبرز هذه المراسير فوق سطح الأرض مسافة من ٣٠ إلى ٥٠ سم حيث تكون بلون مخالف للطبيعة حولها لسهولة تمييزها وروقيتها ، كما تغطى بنظام محكم به بعض الثقوب لامتصاص الهواء بالداخل ، وكذلك يراعى عدم انسداد ثقوب الحوائط أو القاع ويمكن ملاحظة ذلك بسهولة إذا حدثت قراءات التسجيلات غن المعتاد .

أنواع الصرف

قد يكون الصرف طبيعياً حيث تنسحب المياه إلى أعماق البعيدة تحت سطح الأرض حتى تصل إلى طبقات مائية ترتكز على أخرى غير نفاذة. وتتحدد أنواع الصرف على أساس شروط مختلفة ؛ منها مصدر المياه المطلوب إزالتها من فوق سطح الأرض أو تحت سطح الأرض ؛ ومنها موعد بناء المصارف سواء مع تنفيذ مشروع استصلاح الأراضي أو بعده ويسمى في الحالة الأخيرة (تنفيذ الصرف بعد مشروع استصلاح الأراضي) صرف مؤجل أو مؤخر (Deferred drainage) ، ومنها وظيفة المصارف كمصارف التخفيف أو التفرج (Relief drains) ، والمصارف التاطئة (Interceptor drains) ووظيفتها التحكم في ماسيب المياه الأرضية . والمصارف المجمعة (Collector drains) ووظيفتها جمع مياه الصرف . ومصارف التخرج أو المصب (Outlet drains) ووظيفتها الرئيسية نقل مياه الصرف إلى حيث تصب خارج المنطقة . والتحديد السائد هو كالآتي :

أولاً - الصرف السطحي :

ويناسب الأراضي بطبيعة المسامية جداً والأراضي حيث كميات كبيرة جداً من المياه تلام للزراعة وغيرها . وتظم أهميته القصوى إذا أريد إزالة المياه فوق سطح الأرض قبل تسربها إلى أعماق التربة لإزالة الأملاح بالطبقة العليا الملحية التي توجد في بدء عمليات استصلاح الأراضي كما تظهر أهمية الصرف السطحي بالمناطق الرطبة حيث ينشأ من أجل عدة أغراض أهمها :

(١) جمع ومصرف المياه السطحية الزائدة نتيجة مياه الأمطار أو الري أو

الفيضانات ،

(٢) منع اندفاع المياه من الأراضي العالية أو من مجارى المياه أو بسبب نيل المد والجزر وغمر الأراضي :لواطة أو المجاورة و

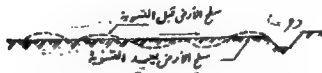
(٣) تجميع تسرب المياه من الأراضي العالية وقطع مسارها .

ومن أجل استيفاء هذه الأغراض فقد يكتفى بعمل واحد أو أكثر من الأعمال الآتية :

١- تشكيل أو تعديل أو تسوية سطح الأرض

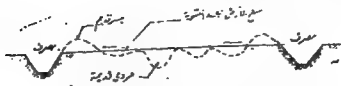
(Land forming or grading or smoothing)

للتخلص من جميع المنخفضات أو الانحدار أو الجسور أو الرءوس أو كل ما يمنع سرعة وانتظام تدفق المياه من الحقل إلى حيث تجمعها ثم إلى مضايقها وكذلك عمل انحدارات مناسبة كي تساعد على حركة المياه السطحية والشكل رقم ١٠ ، وكذلك الشكل رقم ١١ يبين مثالين للتسوية الأولى بعمل عمل انحدار في اتجاه واحد :



شكل ١٠ : يبين طريقة لعمل التسوية في اتجاه واحد

-والثاني يبين عمل الانحدار في اتجاهين .



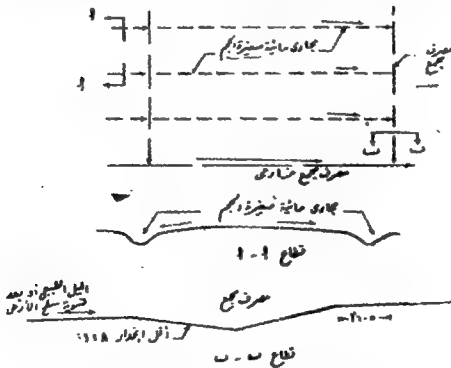
شكل ١١ : يبين طريقة لعمل التسوية في اتجاهين

وقد استعمل هذا النوع من المصارف في ولايات كاليفورنيا وجورجيا وفي جينيا
بالولايات المتحدة الأمريكية كما استعملت بعض مزارع الاستصلاح بالجمهورية
العربية المتحدة .

ب - تقسيم المساحة الى مهود (Bedding) :

وتتلخص في عمل بمصارى مائية صغيرة الحجم وأخرى بحجم بانتحارات
متلينة وكثيرا ما تسمى عملية الخلطة كما هو واضح بشكل ١٢ :

ويراعى عند عمل خطوط من أجل الرواة أن تكون في اتجاه ميل سطح
الأرض التي غالبا ما تكون بطيئة المسامية لاتصلح للصرف المنطى . وهذه الطريقة
تلائم الأراضي التي يتراوح انحدار سطحها ما بين صفر و ١/١٠٠ : وذات النفاذية



البطيئة ويحدد عرض كل مهد (المسافة بين كل خليجين) بالعوامل الآتية :

١ . نوع المحاصيل لزراعية إذ يزداد عرض المهد في المحاصيل عنها في المراعى ،

٢ . انحدار الحقل فكلما زاد الانحدار كلما قل عرض المهد ،

٣ . مسامية التربة فكلما قلت مسامية التربة كلما قل عرض المهد و

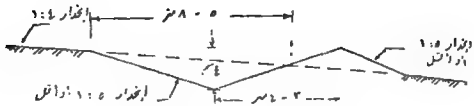
٤ . مدى صلاحية هذا النوع للعمليات الزراعية إذ قد يكون من الصعب عملية تشغيل وإدارة المزرعة مع استعمال الميكنة الحديثة العالية السرعة، مثال ذلك إذا وجد أن نهايات المهد تجف أسرع من الوسط .

وعرض المهد قد يذل إلى ٧ متر في - المتهمة ف السطحى البطي . جداً وقد يزيد إلى ١٥ متر في - ماله الصرف البطي . وإلى ٢٨ للصرف المتوسط .

وقد تستعمل هذه المهد في كثير من الحالات مع التسوية المناسبة ومع بعض المصارف صغيرة الحجم . وفي العادة فإن طول المهد يزيد عن ٣٠٠ متر إلا في المراعى حيث قد يقل إلى ١٠٠ متر فقط . كما أنه قد يصل فرق منسوب سطح الأرض وسط المهد وقاع المجارى المائية إلى ١٥ - ٤٥ سم .

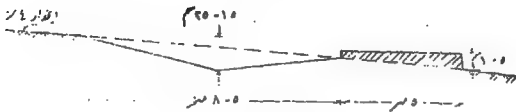
٣ - عمل مصاطب الصرف (Drainage terraces) :

تصلح هذه الطريقة لأنواع التربة غير العميقة التي تملو طبقات غير مسامية وتوفر المجارى المائية (المصارف) على مسافات تتراوح بين ٥ و ٨ متر كما هو واضح بأشكال ١٣ ، ١٤ ، ١٥ . وبعمق يتراوح ما بين ١٥ إلى ٤٠ سم ويستخدم ناتج الحفر في ملء المنخفضات بين المصاطب أو تكوين جسور بارتفاع بسيط يتراوح ما بين ٥ - ١٠ سم ويعرض كبير قد يصل إلى



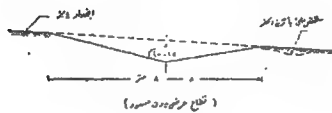
قطاع نموذجي لممر سبيل مستقيم

شكل ١٣



قطاع عرضي لجسر غشلي بمائتي واحد

شكل ١٤



شكل ١٥

أشكال ١٣، ١٤، ١٥: بعض التعلقات المختلفة لمعارف بين المصاطب

٨-٥ متر . وقد تقل المسافة بين المصاطب إلى ٣٠ متر أو أقل إذا كان إنحدار سطح الأرض العرضي كبيراً من ٤٪ إلى ٢٠٪ . وقد تزيد المسافة بينها إلى ٥٠٠ متر إذا قل الانحدار إلى ٠,٥٪ . أما الانحدار الطولي فيتراوح ما بين ٠,١ - ١,٠٪ حتى يلائم ظروف الحقل المختلفة .

ويجب اتخاذ نهاية خاصة لتفادى الشقوق و القنوتات المغلفة النهاية الفجوات والتي تتجمع بها المياه السطحية . وهذا النوع من الصرف قد يلائم المكنة الحديثة غير أن الميل الجانبية للمصارف قد تصل إلى ١٠ : ١ إذا زاد عمق المصارف عن ٦٠ سم كما أنه قد تصل الميل الجانبية إلى ٤ : ١ إذا قل العمق عن ذلك وكثيراً ما يحل هذا النظام عن الصرف العمادي ذو قنوات الصرف المختلفة الحجم في المناطق ذات السطوح المنخفضة .

د - عمل مصارف مكشوفة أو مفتوحة :

وهي عبارة عن مجارى مائية ذات قاع وميول جانبية وقد تكون طبيعية كالأنهار في مواسم انحسار مياه الجريان وقد تكون مجارى صناعية يقوم بإنشائها الأفراد والمؤسسات . والمصارف المفتوحة ذات أهمية خاصة في المناطق الرطبة وإن كانت لا تحتل مكانة مرموقة في المزارع الحديثة - حيث يلجأ دائماً في المادة إلى المصارف المغطاة - غير أنه يلجأ إليها في أحوال كثيرة كمصبات للمصارف المغطاة أو في حالة ازدياد الصرف السطحي بنسبة كبيرة.

لانيا : الصرف المنطلي (Tile drainage) :

ويقصد به إزالة الفائض من المياه في الطبقة العليا من التربة ، علاوة على خفض منسوب المياه الأرضية ، وخط متاسيها حسب الحاجة ، وكذلك من أجل التوازن المائي والمجى . وقد يكون مصدر المياه المطلوب إزالتها ، التسرب بعد سقوط الأمطار أو بعد الري ، أو التسرب من الترع والمجارى المائية والسطوح المائية ذات المنسوب المرتفع أو من خزانة مياه أرضية ذات ضغط ارتوازي . وينفذ الصرف المنطلي بعمل مجارى أو أنابيب توضع في باطن الأرض كي تستقبل

مياه الصرف من التربة عند وصلاتها حيث تحملها إلى أنابيب أكبر حجماً وهذه بدورها تصب في مصارف أكبر حجماً وهكذا حتى المصارف العمومية .

ثالثاً : الصرف الواسى أو بالأبار

وفي هذه الحالة تصرف المياه السطحية أو المياه الجوفية من باطن الأرض ومن أعماق بعيدة أو قريبة بواسطة مواسير أو آبار تثبت أو تبني رأسياً . وقد تركز عليها مضخات مما يسبب هبوط مستوى المياه الأرضية عالية المنسوب . كما أنه يلجأ إلى الآبار في حالة وجود ضاغط هيدروستاتيكي لخزانات مياه أرضية، حيث التربة طبقات بطيئة النفاذية ويعلوها طبقات نفاذة مشبعة بالمياه، وحيث مصدر المياه ذو منسوب عال، وحيث قد ترغب المياه الأرضية للحركة إلى أعلى تحت الضاغط الهيدروستاتيكي خلال الطبقة البطيئة النفاذية أو خلال بعض الكسور أو بالازاحة (Displacement) في هذه الطبقة .

المشكلات المحددة لأنواع الصرف

إذا عرف مصدر المياه الزائدة المطلوب التخلص منها أصبح من السهل تحديد أنواع الصرف، وشدة مشاكله، وطرق علاج هذه المشاكل . ونعطي أمثلة لذلك كما يأتي :

- ١ - إذا كان سبب زيادة المياه هو المطر فإن حل المشكلة هو إنشاء مصارف سطحية، أما إذا كانت المشكلة هي زيادة في مياه الري فإن الحل هو زيادة الوعي لاستخدام الماء بصورة مناسبة بجانب إنشاء المصارف ،
- ٢ - إذا كانت المشكلة هي زيادة الرش فالحل هو تبطين قنوات ومجارى المياه ،

٣ - إذا كانت المشكلة هي زيادة الضاغط الهيدروستاتيكي فالحل هو عمل آبار تخفيف أو آبار تفريج (Relief wells) ،

٤ - قد تكون المشكلة بسبب الغمر الواسع لبعض الأراضي بسبب الفيضانات العالية أو المتوسطة وأحيانا الواسعة في بعض المساحات وقد تكون بسبب سريان المياه وانفعاها ، عند ارتفاع منسوبها بالأنهار والترع والمجاري المائية بصفة عامة ، وقد تكون بسبب المد والجزر في المناطق قرب سواحل المحيطات والبحار والبحيرات ،

٥ - قد تكون المشكلة سببها غمر الأراضي الواسعة من المياه السطحية والتحت سطحية من المساحات المرتفعة والتلال المجاورة أو نتيجة الرش منها ،

٦ - قد تكون المشكلة نتيجة تجمع كميات وافرة من المياه في التربة لاسيما عند توقف الصرف المجوف بسبب الرش من الخزانات أو المجاري المائية أو لأي سبب آخر ،

٧ - قد يكون سبب المشكلة هو تجمع كميات كبيرة من المياه في المنخفضات أو المناطق الواسعة كالبرك والمستنقعات ،

٨ - قد يكون سبب المشكلة بناء مستوى ماء أرضي لا يلبث أن يرتفع إلى سطح الأرض مع استمرار الري بكميات تزيد عن احتياجات النبات ، نتيجة الإهمال في استخدام مياه الري ، أو نتيجة إضافة كميات كبيرة من المياه لمقابلة الاحتياجات الغشبية للأراضي الملحية والقلوية ،

٩ - قد يكون السبب هو بناء مستوى ماء أرضي يرتفع بحالة مستمرة مع استمرار تحرب المياه من قنوات ومجاري المياه و

١٠ - قد يكون السبب هو بناء مستوى ماء أرضي : مثلاً ، حركة المياه
الامتزاجية .

كيفية وصول الماء إلى المصارف

أولاً : أنواع المياه الأرضية

١ - قسم بريجز :

قسم ل. ج. بريجز (Briggs, L. J.) المياه إلى ثلاثة أقسام كالآتي :

١٠١ - الماء الهيجروسكوبي (Hygroscopic water) : وهو الذي يتلف
حييات التربة على شكل غشاء رقيق نتيجة امتصاص الماء من الهواء وهذه المياه
أو الرطوبة لا تمقد بتخلف التربة طبعياً أى في الهواء ، ويمسكها حول الجزيئات
قوى التصاق أو قوى جزيئية (Adhesion or molecular forces) تعادل
من ٣١.٠ إلى ١٠,٠٠٠ ضغط جوى على السنتيمتر المربع . ولإزالتها من التربة
يلزم تخفيف التربة في فرن درجة حرارته من ١٠٥ - ١١٠°م لمدة ١٢ ساعة
ويمكن حساب كميته بتعريض التربة إلى جو مغلق رطوبته النسبية (Relative
humidity) عند ٩٨.٢٪ حتى تتوازن ، ثم وزن التربة قبل وبعد تخفيفها في
الفرن كما سبق ذكره . وتتحرك هذه المياه في التربة على هيئة بخار ماء . وتعد النباتات
الاستفادة به لشدة الجذب المتبادلة بينه وبين حييات التربة . ولا يتأثر هذا الغشاء
المائي بقوى الحامضة الشعرية أو بقوى الجاذبية الأرضية وتزداد نسبة الماء
الهيجروسكوبي بالتربة بازدياد السطح الخارجى لجزيئاتها أى بزيادة نسبة الفروقات
والمواد العضوية بها ، وتتراوح نسبة الماء الهيجروسكوبي في الأرض الرطبة
الصفراء بين ١ - ٢٪ بينما يصل في الأرض الطينية إلى ١٥٪ .

٢ - الماء الشعري (Capillary water) :

وهو الذى يغلف حبيبات التربة بعد نهاية الرشح ويملا جزءا من الفراغات البينية أى بين حبيبات التربة، ويمسك بقوة تعادل من ١,٥ إلى ٣١ ضغط جوى وهذه المياه لا يمكن إزالتها بواسطة الصرف إذ تقاوم قوى الجاذبية الأرضية ويمكن للماء الشعري الحركة إلى جذور النباتات أو إلى الأجزاء الجافة من التربة وليس كل هذه الرطوبة يمكن للنبات الاستفادة منها، ولكنها تساعد على سير العمليات الحيوية والكيميائية فى التربة وتعتمد كمية الماء الشعري بالتربة على قوام التربة، وبنائها، وكمية المادة العضوية بها، وعمق الماء الأرضي، والأملاح بها، ودرجة حرارتها. والتربة النموذجية هى التى تكون نسبة الفراغات بها مقسمة بالتساوى بين الفراغات الشعرية وغير الشعرية حتى تتوفر لهذه التربة التهيئة الكافية والنفاذية المقبولة، وحتى تتوفر للنبات احتياجاته المائية عن طريق ما هو، وذلك حول حبيبات التربة بقوة الشد السطحي (Surface tension).

وبعتمد ارتفاع المياه الشعرية على حجم المسام كما يتأثر بالهواء المحبوس داخل مسام التربة ودرجة الحرارة، اتى مع زيادتها تزيد سرعة حركة المياه نظراً لانخفاض اللزوجة. ويمكن المياه الشعرية الحركة فى أى اتجاه، لذلك فإن التدوى الشعرية عامل هام لزيادة سرعة تغلغل (Infiltration) المياه فى الأرض الجافة.

والحدولان الآتين رقم (٢) ورقم (٣) يبينان مقادير الارتفاع الشعري وكميات الماء الجوى وسكري والماء الشعري لأنواع مختلفة من التربة.

الارتفاع الشعري (م-)	نوع التربة
٥ - ٢	رمل حرش
٢٥ - ١٢	متوسط
١٠٠ - ٣٥	ناعم
٢٠٠ - ٧٠	طيني رمل
١٥٠ - ١٢٠	طيني
١٠٠ - ١٥٠	طين
٢٥٠ - ٢٥٠	تربة من تركستان Turkistanish soil
٤٠ - ٣٥	بودزول Podsol
١٥٠ - ١٢٠	أراضي البيت Feat
١٢	أراضي ملحية (Saline soil) أراضي ملحية (Salt marsh)

جدول ٢ : الارتفاع الشعري لأنواع أراضي مختلفة

الماء الشعري	الماء الهيجروسكوبي	نوع التربة
(%)	(%)	
١٤	٢ - ١	رملية
١٤,٥	٥ - ٣	رملية طينية
١٧ - ١٦	٥	طينية (loam)
١٨	٧ - ٥	طينية طينية
١٩	١٠ - ٧	طينية

جدول ٣ : النسب المئوية بالوزن للماء الشعري والماء الهيجروسكوبي

لأنواع تربة مختلفة

٣- المياه الحرة (Free or gravity or underground water) :

وهي التي تزيد عن السعة الشعرية وتسهل بالجاذبية الأرضية وقرى الشد في مسام التربة ويمكن التخلص منها بواسطة الصرف كما يمكن قنات الاستفادة منها إذ تمك بقوى أقل من ١٠ ضغط جوى .

ب - تقسيم لبيديف (Lebedev, A. F.) :

قسم لبيديف المياه الأرضية سواء في الطبقات الضحلة أو العميقة إلى الآتي :

١- بخار الماء : ويملا تماما جميع فجوات وفراغات التربة، وينتقل من المناطق ذات الضغط المرتفع إلى المناطق ذات الضغط المنخفض وقد يكون تتكف بخار الماء أحد أسباب تكوين المياه الأرضية في الأعماق البعيدة .

٢- المياه الهيجروسكوبية : وهي التي تتكف على أسطح جزيئات التربة إذ عند تماس أسطح الجزيئات الجافة مع الهواء الرطب تمتص الجزيئات الرطوبة ويزيد الحجم الكلى للتربة حتى الوصول إلى الحد الأقصى الهيجروسكوبي (Maximum hygroscopy). وهناك نوعان من تكف (Condensation) بخار الماء :-

١- التكف الجزيئي (Molecular) : ويظهر عند تلاحم أبخرة الماء لأسطح جزيئات التربة حيث تتكون المياه المدمصة (Adsorbed) وتمتد شدة الامصاص على الضغط النسبي (Relative pressure) لأبخرة الماء التي تملأ المسام . وكلما زاد الضغط النسبي زاد الامصاص . والملاحظ أنه تحت قبة مائية للضغط النسبي لأبخرة المياه تتكون طبقة واحدة من جزيئات الماء المدمص .- يب الجذب الكهروستاتيكي (Electrostatic) للأيونات

بين أسطح حبيبات التربة وبين حبيبات الماء ذات التغطيين ومع حدوث هذا فقط يحدث الإدمصاص بطبقات أخرى من الماء .

(ii) التكثف الحرارى (Thermal) لأبخرة الماء : ويحدث عند وجود فرق في الحرارة بين التربة والجو أو بين أسطح حبيبات التربة المختلفة حيث تتكثف أبخرة الماء على شكل قطرات من الماء ، ومع ارتفاع درجة الحرارة فإن قطرات الماء تتحول إلى بخار .

ويحدث التكثف في الصحارى ليلاً عند بدء إشعاع كميات كبيرة جداً من حرارة التربة مسببة برودتها ومسببة خفض ضغط بخار الماء . ولذلك فإنه يحدث باستمرار أثناء الليل في الصحارى - سريان مستمر لبخار الماء من الجو إلى التربة أما أثناء النهار فهذه الأبخرة تنتمق في طبقات التربة عند ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض والطبقات العليا منها . ويقول سرجيف (Sergeev, E.V) أن عملية التكثف تحدث بشدة حتى عمق من ١٠ - ١٥ سم من سطح الأرض وقد فصل كميات المياه المتكثفة إلى ٤ - ٨ مم مما يكفي وجود بعض النباتات .

٣ - الماء الغشوى (Pellicular water) :

وتتكون على أسطح حبيبات التربة تحت تأثير القوى الجزيئية اللاصقة وهي قوى كهربية قد تزيد عن ١٠,٠٠٠ ضغط جوى ولكن مدى تأثيرها غير بعيد إذ يصل إلى حوالى بعض أعشار من الميكرون وبذلك تتمكن هذه المياه بقوى الطرد المركزى عند عجلة قدرها ٧٠,٠٠٠ مرة عجلة الجاذبية الأرضية ، وهذه المياه قادرة على الحركة من الأغلفة السمكية إلى الأقل سمكا ولا تأثير لقوى الجاذبية الأرضية عليها كما أنها تتجمد عند - ١٥°م وتعتمد هذه المياه على سعة أسطح الحبيبات المعدنية والمسماة (hydrophilous capacity) كما تعتمد على

السطح النوعى (Specific surface) لجسيمات المعادن والغرويات وعلى تركيب
المحاليل الأرضية (Soil solvents)

٤ - مياه الجاذبية الأرضية (Gravitational water) :

وهى المياه الحرة التى لا تنضغ لتأثير الجذب تجاه أسطح الحبيبات ولكنها
تتأثر بقوى أو بضغط هيدروستاتيكية ويمكن تقسيم مياه الجاذبية الأرضية
من وجهة النظر الهيدروستاتيكية البحتة إلى :

١ - مياه جاذبية ذات سطح مفتوح (Gravity or vadose waters with an open surface) : وهى المسماة عادة بالمياه الحرة الأرضية (Phreatic waters) وسطح هذه المياه يسمى منسوب الماء الأرضى (Water table) وحركة هذه المياه من طبقات مياهها ذات مناسيب عالية إلى أخرى منسوبها منخفض ، والضغط عند سطح هذه المياه يساوى الضغط الجوى .

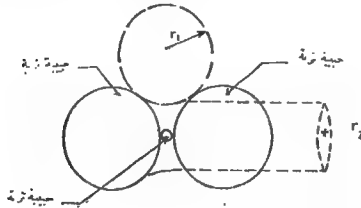
٢ - مياه مغلقة (Confled waters) : وتتكون بنوعان أرضية محدودة أو محبوسة من أسفل ومن أعلا بطبقات ضعيفة المسامية فإذا اخترق بشر هذه المياه فإن سطح الماء يعلو إلى السطح البيزومتري وتتحرك هذه المياه من المساحات ذات الضغوط المرتفعة إلى أخرى ذات ضغوط منخفضة .

وكثيرا ما تسمى هذه المياه تحت عنوان (١) (٢) باسم المياه الأرضية حيث أن قوانين حركة المياه الأرضية تنمى حركة هذين النوعين من المياه . وهذه المياه الشعرية تملأ جزءا أو كل الفراغات بين حبيبات التربة ولها أسطح مقعرة (Concave meniscs) أو أسطح محدبة (Convex meniscs) ولها ارتفاع شعري سالب فى حالة المياه القلوية . والارتفاع الشعري (Capillary rise) يحدث بسبب طاقة التأدرت (Hydration energy) للأيونات والمجزيئات عند

السطح الفاصل بين الصورة الصلبة والسائلة، أى أن الخاصية الشعرية هي خاصية كهروكيميائية (Electrochemical) .

ويضع البعض المياه الشعرية تحت تقسيم مستقل ويقسمها إلى أنواع ثلاثة هي :

١ المياه العالقة (Suspended waters) : وهي لا تعتمد على منسوب الماء الأرضي وقد لا اتصل به وتتكون عند تراكم أعمدة الماء الصغيرة بالتربة حيث تختلف أنصاف أقطار التكرور (Curvature radii of meniscusses) (انظر شكل ١٦) وهذه المياه تحت تأثير ضغط مقداره يساوى الضغط الشعرى :



شكل ١٦ : مياه بين حبيبتى تربة تفصلها حبيبة تربة ثالثة .

$$\text{Capillary pressure} = \sigma \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \dots\dots (3)$$

حيث : σ : الشد السطحي = ٧٢.٨ دايين و

r_1, r_2 : نصفي قطري التكرور اسطح المياه (انظر الشكل) .

فإذا اختلفت أنصاف الأقطار اختلف الضغط وتحركت هذه المياه، وإذا زاد ارتفاع عمود الماء زاد وزن الماء مما يؤدي إلى تغير تكرور أسطح المياه السفلى ومع زيادة

المياه يبدأ تكون نقط من المياه تنزل إلى منسوب الماء الأرضي . وهذه العملية تسمى بالصرف الشعري (Capillary drainage) وتحدث كثيرا إذا علت نوية ناعمة أخرى خشنة .

(ب) مياه الشقوق (Interstices waters or water cuffs) :

وتتكون في أركان المسام تحت تأثير القوى عند أسطح المياه ومع زيادة المياه بالقرب حتى حجم معين تسيل المياه حول الحبيبات متوجهة إلى منسوب الماء الأرضي .

(ج) مياه الامتداد الشعري (Capillary fringe water) :

وتحدث فوق منسوب الماء الأرضي مباشرة نتيجة الضغط الشعري السالب للأسطح المقعرة، ونتيجة مقدرة طبقة ما من المياه الأرضية فوق منسوب الماء الأرضي على البقاء في صورة الامتداد الشعري تحت تأثير قوى المسك النوعي (Specific capillary retention) عند أسطح المياه . وهذه المياه ليست ثابتة ، وتختلف من درجة التشبع عند منسوب الماء الأرضي إلى المسك النوعي الجزئي (Molecular specific retention) عند أعلى الامتداد الشعري .

٥ - المياه في الحالة الصلبة ،

٦ - المياه الكريستالية (Crystalline water) :

ولعل لبديف يقصد بها المياه داخل الشبكات البلورية للمعادن (Crystal structure of minerals) وهي جزء مكمل لها وتسمى المياه المتحدة أو المتدرجة كيميائيا (Chemically combined) أي هي جزء من التكوين البلوري الطين السيليكاتي وتقسم إلى :

١- مكونة (Constitution): وتوجد في البلورة على هيئة أيونات هيدروجين

H^+ وهيدروكسيل OH^- وهذه متحدة بإحكام مع البلورة ويمكن إطلاق هذه المياه أو الإفراج عنها عند درجة حرارة $300^\circ C$.

ii - تبلور (Crystallisation) و

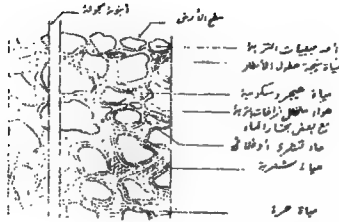
iii - زيوليت (Zeolite).

والنوعان الأخيران يوجدان على هيئة جزيئات من الماء H_2O يمكن إطلاقها عند درجات حرارة أقل. فالنوع الأخير يمكن إطلاقه عند درجة حرارة $90^\circ C$ كما يحدث في الصحارى ، وبعد إطلاقه تظل البلورة كما هي ولكنها تختلف في الخواص المعدنية .

٧ - المياه القيمة كيميائياً (Chemically bound water) .

ويمكن تلخيص تجمع المياه بمسام التربة كالآتي :

توجد المواد الفروية في المسام المملية المحيطات المعدنية بصورة أغلفة رقيقة تنصهر أبخرة المياه متلاحة معها كجايوا - فالجسيمات الفروية المحملة بشحنات كهربية والمياه (Mycelium) تجمع أبخرة الماء حتى الحد الأقصى الميجروسكوبي عندما يكف سريان حرارة التكثف ، ولكن الأغشية الفروية لها القدرة على إدمصاص مزيد من الرطوبة ، دون سريان أى حرارة ولذلك فإن جسيمات التربة الرطبة والمغلقة بالمياه الميجروسكوبية بعد أن تطلق كل ما لديها من حرارة التكثف تحصل على المياه المساء بالماء القشرى أو الغلاف ، ومع مزيد أكثر تتجمع المياه وتتراكم وتتلاصق أسطحها المقعرة أو المهدبة حتى إذا امتلأت جميع المسام بالمياه والهواء تحصل على القشرة على الحركة تحت تأثير الجاذبية الأرضية (ماعدا المياه القشرية) وهى ما تسمى بالمياه الحرة . وحركة مثل هذه المياه في مسام تسمى رشح (seepage) أحيانا . وشكل رقم (١٧) بين بعض أنواع هذه المياه.



شكل ١٧ : بعض أنواع الرطوبة الأرضية.

ثانيا : القوى المسببة لحركة المياه الأرضية في التربة

١ - قوى كهروجزيئية (Electromolecular forces) :

نظرا لاختلاف ثابت العزل الكهربائي^(١) (Dielectric constant) للحبيبات الصلبة كثيرا عنه للمياه فإنه عند تماس حبيبات التربة الماء يتولد مجال كهربائي ذو طاقة عالية عند سطح الحبيبات الصلبة مما يجذب المياه، والتي تتكون من جزيئات قطبية (Polar molecules) من أيونات هيدروجين موجبة الشحنة، وأيونات أكسجين سالبة الشحنة فيحدث لها تقاطب (Polarisation) وتوجيه (Orientation) في هذا المجال الكهربائي، وتعمل قوى الجذب على مسافات قصيرة من أسطح الحبيبات لانه لا يزيد عن ٠.٢٥ - ٠.٥٠ ميكرون حيث تكون

(1) The dielectric constant of a substance is the ratio of a condenser's (two parallel plates) capacity (amount of charge that can be put on the plates for a given voltage) with the substance between the plates to its capacity with a vacuum between them.



شكل ١٨ : تأثير القوى الكهروجزئية عند التفاعل بين الحبيبات الصلبة والماء.

قيمة هذه القوى عالية قرب السطح (عشرات الآلاف من الكيلوجرامات/سم^٢) وتتناقص بسرعة مع المسافة (أنظر شكل ١٨) .

وحبيبات الماء التي لا يمكن فصلها بجهاز الطرد المركزي - بما يدل على مسكها بقوى تعادل عشرات الآلاف من قوة الجاذبية الأرضية - تسمى حبيبات الماء المسوكة بجزم (Firmly bound) ، ومسكها يعادل عشرات قفلة حبل الأغلقة الجوزية (Molecular coats) . ويحيط هذه الحبيبات أو الطبقة المسوكة بحرم من الماء

طبقة أخرى من المياه الممسوكة بقوة أقل أى بشير حزم (loosely bound) وإن كان من الصعب الفصل بين الطبقتين ،

٢ - قوى كيميائية (Chemical forces) :

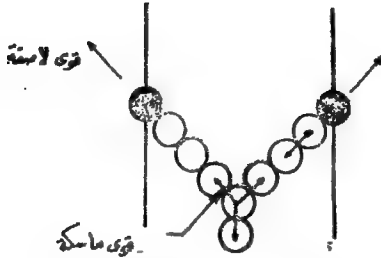
أو قوى ملحية (Salt forces) وهى نتيجة لوجود أملاح ذائبة بتركيز مختلف من مكان لآخر وما يسببه من ضغط أسموزى (Osmotic pressure) ،

٣ - قوى شعرية (Capillary forces) :

وهى قوى ناتجة من قوى الخاصية الشعرية . ولشرح هذا النوع من القوى يمكن تصور أنبوبة شعرية نتيجة تحلل أحد شعيرات جذور النبات الرأسية فى التربة حيث تتصل فى أسفلا بمستوى الماء الأرضى الذى يتفع داخلها إلى ارتفاع معين فوق مستوى الماء الأرضى نتيجة وجود القوى المماسكة (Cohesion forces) التى تسبب تعلق جزيئات المساء بعضها ببعض ونتيجة وجود القوى اللاصقة (Adhesive forces) بينها وبين جزيئات التربة كما هو موضح بشكل ١٩ ،

٤ - قوى الضغط (Pressure forces) :

وتظهر أهميتها فى الحالتين حيث التربة غير مشبعة (Unsaturated) أى حيث التربة تحتوى على نسبة صغيرة من الماء وحيث التربة مشبعة (Saturated) أى فراغاتها مملوءة تماماً بالماء ، وذلك عندما يوجد فرق فى مناسيب الماء فى أماكن مختلفة يسمى الضاغط الفعال (Effective ' head) أو فرق فى الضواغط (Difference in heads) مما يؤدى إلى حركة المياه إلى حيث الضاغط أقل و



شكل ١٩ : بين القوى اللاصقة والماسكة

هـ - قوى الجاذبية الأرضية (Gravity forces) :

وهي أهم القوى ولها أكبر الأثر والمفعول في حركة المياه الأرضية لأسفل .

وهناك بعض أنواع القوى المختلفة تساهم في حركة المياه في التربة غير أنه من الممكن إجمالها في كثير من الأحيان مثل قوى القصور (Inertia forces) وقوى الاحتكاك (Frictional forces) وقوى الجبر اللزجة (Viscous drag forces) وغيرها .

١٢٧ - حركة المياه في التربة :

تتحرك المياه في منحنيات انسيابية تسمى خطوط تدفق التيار (Stream line flow) حيث يعطى المماس عند أى نقطة من نقط هذه الخطوط اتجاه سرعة المياه ويمكن تمثيل مسارات المياه بشبكة من خطوط انسياب المياه بحيث يكون التعريف (Discharge) بين أى زوج منها متداوياً . وتكون منحنيات

اتجاه سير الحركة مع المنحنيات المتعامدة عليها المسماة منحنيات الجهد المتساوية أو الضفط البيزومترية المتساوية (Equipotential curves) - تكون ما يسمى بالشبكة المائية (Flow net) ، كما يعمل الإثنان معا مربعات منحنية (Curvilinear squares) بمعنى أن الزوايا عند تقاطعهم زوايا قائمة .

والمياه الأرضية لا يمكن لها أن تفرث التربة إلى المصرف أو إلى أى مجرى مائى إلا إذا زاد ضغطها عن الضفط الجوى حسب قانون التدفق الخارج (Outflow law) (ريتشاردز (Richards, L.A. 1950) والذي يقول :
[تدفق المياه الخارجة من التربة يحدث فقط إذا زاد ضغط المياه الأرضية عن الضفط الجوى] :

" Outflow of free water from soil occurs only if the pressure in the soil water exceeds atmospheric pressure".

١ - قانون دارسي (Henry Darcy's law, 1856) :

ويحكم حركة المياه خلال الأراضي المشبعة بالمياه . فإذا فرضنا أن عينة ترابية ذات قطاع عرضي مساحته (A) وطوله (L) تتغلظها المياه تحت فرق ضاغط ثابت يساوى $H = h_2 - h_1$ كما هو مبين في الحالات الثلاث المبينة بأشكال ٢٠ ، ٢١ ، ٢٢ نجد أن :

$$Q = K \cdot A \cdot \frac{H}{L} \quad \dots (4)$$

حيث :

Q : كمية المياه المارة في عينة التربة المشبعة في وحدة الزمن ،

$H = h_2 - h_1$: الفرق بين منسوب المياه أعلى عينة التربة ومنسوبها بعد

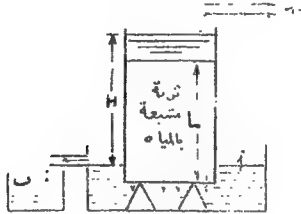
خروجها من العينة كما هو موضح بأشكال ٢٠، ٢١، ٢٢ وقد يسمى هذا الفرق الضاغط البيزومتري ،

L : طول العينة ،

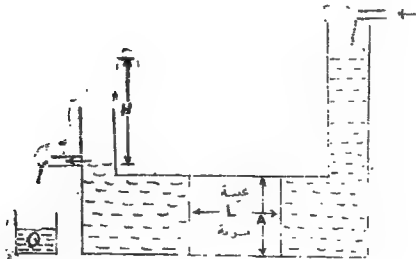
A : مساحة التقطاع العرضي للعينة و

K : معامل التوصيل الهيدروليكي أو كما يسميه العلماء الروس كثيرا ، معامل

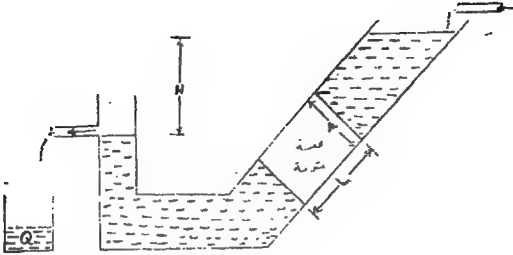
المروور (Filtration coefficient) وهو يحدد مدى سهولة مرور المياه داخل قطاع التربة .



شكل ٢٠



شكل ٢١



شكل ٢٢

المثال ٢٠، ٢١، ٢٢ : توضيح لقانون دارسي في حالة ثلاثة اتجاهات لسريان المياه خلال جنة التربة .

وبقسمة طرفي المعادلة رقم (٤) على (٨) :

$$\frac{Q}{A} = v = K \cdot \frac{H}{L} = K \cdot i \quad \dots (5)$$

والمقدار $\frac{Q}{A}$ يساوي السرعة (v) التي تتخلل بها قطاع التربة وتسمى السرعة المتوسطة أو الفعالة (Effective velocity) أو سرعة التشبع أو كما يدعوها العلماء الروس (Seepage velocity) . ولا يجب أن يخلط بينها وبين السرعة الحقيقية داخل مسام التربة . والمقدار $(\frac{H}{L})$ هو الميل البيزومتري (Piezometric slope) أو ميل خط الضاغط الهيدروليكي . ويعبر عنه كثيرا بالحرف (i) . وهكذا يمكن تعريف معامل التوصيل الهيدروليكي (K) بأنه سرعة المياه المتخللة

تطام التربة الشمع بالماء إذا ساوى للبل الهيدروليكي الوحدة .

وقانون دارسى صحيح التطبيق بين حدين الحد الأدنى . طور أهمية القوى الجزيئية (Molecular forces) كما يحدث فى الآراحم ، تطينية وإطينية التربة حيث الماء مرتبطة جزيئيا (Molecularly bound) فى سريان الماء يبدأ فقط بعد أن يتجاوز الميل الهيدروليكي مقدارا معيناً (i_0) يسمى الميل الهيدروليكي المبدئى (Initial gradient) وبذلك يصبح قانون دارسى كالتالى :

$$v = K (i - i_0) \quad \dots (6)$$

وقد وجد أن (i_0) تصل قيمتها إلى حوالى ٢٠ - ٤٠ فى الأرض الطينية .
والحد الأعلى عندما يقل رقم رينولدز (Reynold's number) عن أو يساوى مقدار ثابت كما يأتى :

$$R = \frac{c v d}{\eta} \leq 3 - 10 \quad \dots (7)$$

حيث :

R : رقم رينولدز (Reynold's number) ،

c : كثافة السائل (الماء) ،

v : سرعة السائل ،

d : قطر الأنبوب التى يمر بها السائل باعتبار أن الفراغات بين حبيبات التربة

على شكل أنابيب يتخللها الماء و

η : لزوجة السائل .

$$\eta = \frac{0.01778}{1 + 0.03337 \theta + 0.000221 \theta^2} \quad \text{وتساوى حسب هيلمهولتز (Helmholtz)}$$

θ : درجة الحرارة .

فإذا أخذنا : $\frac{e}{\eta} = 0.018 \text{ cm}^2/\text{sec.}$

فإن : $0.180 - 0.054 \leq v d$ كى يكون قانون دارسي صحيح التطبيق . أما خارج هذين الحدين (الأسفل والأعلى) فهناك قوانين أخرى لحركة المياه . وأمثلة لذلك حركة المياه قرب الآبار أو بانواع التربة خشنة أو كبيرة الحبيبات أو في الشقوق والكسور بالتربة وبالصخور حيث تزداد السرعة ويصبح سريان المياه دوائى (Turbulent) وليس طبق (Laminar) أو لزجى (Viscous) .

ب - قانون شيزلى (Shezy's Law) :

$$v = K i^{1/2} \quad \dots(8)$$

حيث :

v : سرعة المياه ،

k : معامل التوصيل الهيدروليكي و

i : الميل الهيدروليكي .

ويصلح لسريان المياه في التربة اللولبية والصخور ذات الكسور وبعض الحالات الأخرى مثل التربة حول الآبار مباشرة .

ج - معادلة برونلي (Prony's equation) :

$$i = a v + b v^2 \quad \dots(9)$$

وتصلح لأنواع التربة ذات معامل توصيل هيدروليكي غير متجانس ، حيث

(a) ، (b) معاملات تعتمد على نوع حركة المياه ويمكن تحديدها عملياً .

٥ - معامل التوصيل الهيدروليكي :

وتظهر أهميته عند تصميم المصارف حيث يمكن تحديد قيمته لكل فدانين من أجل الدراسات التفصيلية لمصارف الحقل وعند دراسات وشح المياه من مجارى المياه (الترعى وغيرها)

ويعتمد معامل التوصيل الهيدروليكي على عدة عوامل منها ما يتصل بالتربة ومنها ما يتصل بالمسائل ، نذكر منها العوامل الآتية :

١ - بناء وقوام التربة وثباتها (Stability) ودرجة اندماجها لاسيما حجم المسام وتوزيعها . بل يختلف معامل التوصيل الهيد. ولكي في التربة الواحدة في الاتجاهات المختلفة ففي التربة الرسوبية يقل في الاتجاه الرأسى عنه في الاتجاه الأفقى ، ويرداد الفارق بين المعاملين في الاتجاهين كلما زاد العمق تحت ثقل التربة نفسها * وقد أعطى كوزنى (Kozney) المعادلة :

$$K = \beta \frac{d^3}{\eta} \left(\frac{n^3}{1-n^3} \right) \quad \dots (10)$$

حيث :

d : القطر الفعّال لحبيبات التربة وهو قطر فتحة المتخلل الذى يمر منه ١٠٪ بالوزن فقط من حبيبات التربة ويمجر فوقه ٩٠٪ بالوزن ،

η : اللزوجة ،

n : للسامية (Porosity) و

β : معامل اعتبره كوزنى ثابتاً بالنسبة للمياه واقترح زامارين

(Zamarin, E.A.) للمعادلة الآتية لإيجاده :

$$\beta = 8.4(1.275 - 1.5n)^2 \quad \dots (11)$$

(٣) وكما زاد معامل التوصيل الهيدروليكي في الاتجاه الأفقى عنه في الاتجاه الرأسى كلما نقص توزيع مسارات المياه داخل التربة إلى المصارف .

٢ - وجود الشقوق والثقوب التي تعملها جذور النبات بالتربة والديدان والاحياء الدقيقة وانضغاط التربة بفعل الحيوانات أو الآلات الزراعية كذلك يتأثر معامل التوصيل الهيدروليكي على الخدمة التي تجرى بالحقل (Soil management)

٣ - التشكوين المعدني للتربة (Mineralogical makeup) فالتربة التي تحتوي على الطين المتتموريللونيتي (Montmorillonitic type) تتأثر طبيعيا تأثرا كبيرا بعد البلل والتجفيف من التربة من الأنواع الأخرى نتيجة إدمصاص المياه خلال الطبقات المتددة (Expanding structure of the montmo-rillonitic clay Particles) ويعتمد هذا التغير على التركيز الأيوني (Ionic concentration) ونوع الأيونات السائدة، وموقف التربة من التبادل الأيوني (Exchange cation status)، فتقل (K) مع زيادة كلوريد الصوديوم حتى حد معين ثم يزيد بنسبة أقل بعد ذلك مع استمرار زيادة كلوريد الصوديوم. بينما يزيد (K) مع زيادة الجبس في حدود معينة،

٤ - مدى انسداد المسام (Blocking of pores) بالهواء أو الغازات أو محال المراد العضوية علاوة على التلاحم أو التفاعل (Interaction) بين السائل وحببيات التربة. ومدى انفعال المسام باثنين أو أكثر من الموائع في وقت واحد. (Simultaneous yet complementary occupancy of pores by two or more fluids)

٥ - الحرارة (t) ويمكن استعمال معادلة (Poiseville) لإيجاد (K) كالآتي :

$$K = K_0(1 + 0.0337t + 0.000221t^2) \dots (12)$$

لو معادلة هازن :

$$K = K_{10} (0.7 + 0.03 t) \quad \dots (13)$$

حيث :

K_{10} ، K_0 : قيمتي معامل التوصيل عند درجة حرارة صفر ، ١٠ مئوية ،

٦ - تنغير (K) مع السرعة وقد أثبت ذلك كثير من العلماء ومنهم :

Bose ' Newell ' King ' Thiems ' Kroker و

٧ - تتأثر (K) بالضغط الجوي فقد لوحظ بالآبار ارتفاع المياه بها عند انخفاض الضغط الجوي كما لوحظ انخفاض المياه بها عند ارتفاع الضغط الجوي .
وأثبت زوكوفسكي (Zjoukovsky) أن فقاعات الهواء التي قد تدخل مع مياه الأمطار تمتد في الضبقات الحاملة للنياه عند هبوط الضغط مسببة دفع المياه الأرضية للآبار وارتفاعها في الآبار والعكس مع زيادة الضغط .

والعلاقة بين معامل التوصيل الهيدروليكي (K) ومعامل انفاذية (Permeability coefficient) أو السهولة التي تتحرك بها المياه داخل التربة هي كالآتي :

$$K = K' \cdot \frac{e \cdot g}{\eta} \quad \dots (14)$$

حيث :

K : معامل التوصيل الهيدروليكي ،

K' : معامل النفاذية وهو مقدة طبيعية للتربة ،

e : كثافة السائل المار بالتربة ،

g : عجلة الجاذبية الأرضية

η : لزوجة السائل المار بالتربة .

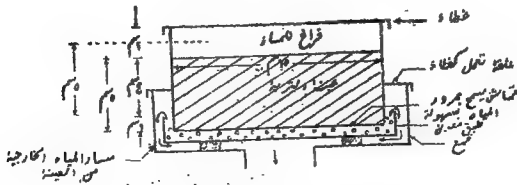
ولكل سائل معين فإن المقدار $\left(\frac{c \cdot g}{\eta} \right)$ ثابت ، لذلك فإن معامل التوصيل الهيدروليكي يساوى مقدار ثابت \times معامل النفاذية ومن هنا نعلم أنه كثيراً ما يعبر عن (K) في قانون دراسى بمعامل النفاذية .

٥ - قياس معامل الهيدروليكي :

هناك كثير من الطرق لقياس (K) نذكر بعضها مع ملاحظة استعمال مياه تمائل مياه الزرى تماماً ، ويمكن أن تكون خالية من المواد العالقة ، وذات درجة حرارة أعلى من درجة حرارة التربة ، ولها نفس المكونات الكيميائية لمياه الزرى وكذلك مراعاة ثلاثى أى تأثير الهواء المحبوس (Trapped air effect) ، وإزالة أى تربة بها مغتوب أو قنوات شروخ كما يجب مراعاة عدم وجود أى تضخم (Treeckage) بين التربة والإطار .

١ - جهاز قياس النفاذية (Field core permeameter) :

وذلك باستحضار عينة بحالتها فى الحقل (Undisturbed) دون أن يحدث لها حركة عرضية (Lateral movement) أو تمدد (Expansion) أو انضغاط (Compression) داخل الجهاز المبين بالشكل :



شكل ٢٢ : جهاز لقياس معامل التوصيل الهيدروليكي

ويقاس الزمن (t) اللازم لمبروط أو نخال المياه على سطح العينة مسافة الـ ٢ سم الميئة بالشكل بعد تشيع العينة بالمياه وتطبق المعادلة (٥) كالآتي :

$$V = K \cdot i = \frac{2 \text{ cm.}}{t} = K \cdot \frac{5 \text{ cm.}}{5 \text{ cm.}} = K$$

والخسة ستيتمترات بسط الكسر هي متوسط فرق الضاغط الهيدروليكي إذ يبلغ ستة ستيتمترات في بداية التجربة ويقل تدريجياً بمرور المياه خلال عينة التربة حتى يصل إلى أربعة ستيتمترات عند نهاية مرور الـ ٢ سم فوق سطح العينة. من آخرها. أما الخسة ستيتمترات بمقام الكسر فهي طول عينة التربة ، فلو فرض أن عينة ما استغرق مرور المياه (الـ ٢ سم فوق سطح العينة) خلالها زمناً قدره خمسة دقائق فإن معامل التوصيل الهيدروليكي (K) يحسب كالآتي :

$$K = \frac{2 \text{ cm.}}{t} = \frac{2.0}{5} = 0.4 \text{ cm. / min.}$$

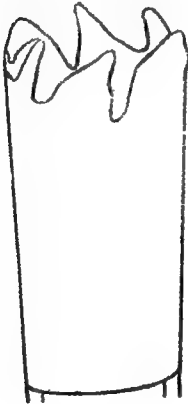
$$= \frac{0.4 \times 60 \times 24}{100} = 5.76 \text{ m. / day.}$$

٢ - طريقة حفرة البرية أو الأوجر (Auger hole method) :

وهي طريقة سهلة وعملية إذ يكفي حفر بئر عمق (d) تحت منسوب الماء الأرضي بالبرية أو الأوجر الميئين بأشكال (٢٤ ، ٢٥ ، ٢٦ ، ٢٧) حسب نوع التربة وتصل (d) إلى حوالي ٢٠ - ٩٠ سم (المجال من الزملا إلى العطين) تحت منسوب المياه الأرضية إذا كانت التربة متجانسة أو إلى عمق من ٧ إلى ١٠ سم أعلا من نهاية سمك الطبقة المراد قياس (K) لها إذا كانت التربة غير متجانسة ويحدد (d) طبيعة وسمك وتوالي طبقات التربة والماء. المراد تحديد (K) عنده .

وعند وصول منسوب المياه داخل الحفرة إلى حالة الاتزان مع المياه الأرضية المحيطة بها يسجل منسوب الماء الأرضي ويفرغ جزء منها بواسطة معلقة يدوية قترشع المياه من التربة إلى البئر ثانية ويسجل معدل ارتفاع المياه (Δh) (حوالي ١ سم) داخل البئر في وقت معين (Δt) كل خمسة ثواني أو أكثر حتى تسترد الحفرة أكثر من $\frac{1}{4}$ المياه السابق نزحها (خمسة قراءات على الأقل) ثم تطبق معادلة كركهام وفان بافل (Kirkham and Van Bavel, 1949) الآتية

DURANGO TYPE

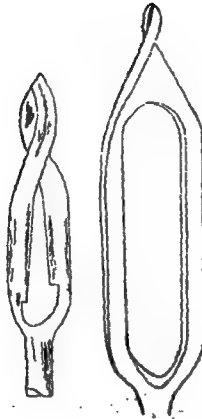


شكل ٢٥

ORCHARD TYPE



شكل ٢٦



*Durch (Open)
Type*



*Ship or Helical
Type*

شكل ٢٧

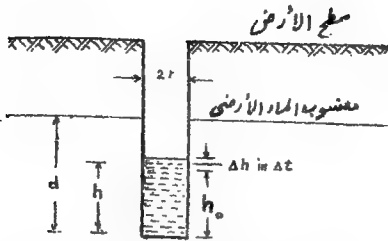
شكل ٢٨

أشكال ٢٤ ، ٢٥ ، ٢٦ ، ٢٧ : أنواع مختلفة من البريمة أو الأجر .

والصحيحة في حالة وجود طبقة صلب عند قاع الحفرة ولا يجب زيادة النسبة

حتى تكون النتيجة مقربة لحد معقول :

$$\left(\frac{d}{r} \right)$$



شكل ٢٨ : طريقة حفرة البريمة أو الآجر لتحديد معامل التوصيل الهيدروليكي .

ومعادلة كركهام رقان بأقل هي :

$$K = \frac{\pi^2}{16} \frac{r}{s \cdot d} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta t} = 0.017 \frac{r}{s \cdot d} \cdot \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad \dots (15)$$

حيث :

r : نصف قطر البئر الصغير أو الحفرة ،

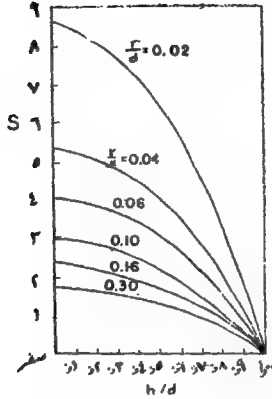
d : عمق قاع الحفرة تحت منسوب الماء الأرضي ،

Δh : معدل الارتفاع المطلوب تسجيله لكل زمن قدره (Δt) ،

s : دالة ليس لها أبعاد يمكن الحصول عليها من التحيات بشكل (٢٩)

بالاستمارة بالمقدارين $(\frac{r}{d})$ ، $(\frac{h}{d})$ حيث :

h : ارتفاع المستوى المتوسط للياه في الحفرة أثناء الزمن (Δt) أي أن



شكل ٢٩ : قيم (S) لاستعمالها في المعادلة (١٥)

(h_0) تساوى ارتفاع المياه فوق قاع الحفرة قبل قياس (Δh) مضافا اليها

$$\left(\frac{\Delta h}{2} \right) \text{ أو :}$$

$$h = h_0 + \frac{\Delta h}{2} \quad \dots (16)$$

وتعطى هذه الطريقة قراءات خاطئة نسبيا في الحالات الآتية :

١ - تحت الشروط الأرتيرية أى عندما تغترق الحفرة طبقة نفاذة تحمل مياه

تحت ضغط بطورها طبقة أخرى غير نفاذة ،

٢ - حينئذ يوجد بعض عتسات من الرمال بين طبقات أقل مسامية مما يسبب هبوط المياه فوق العواصة التي تستعمل عادة لتسجيل قراءات (Δh) و

٣ - عندما يكون منسوب الماء الأرضي أعلى أو عند سطح الأرض .

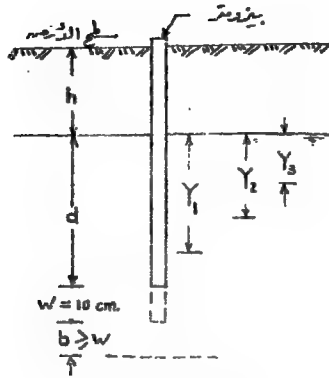
وقد يستحيل لإجراء هذه الطريقة في الأراضي الصخرية أو الزلطية الخشنة لاستحالة الحفر، لذلك قد تستعمل المواسير الخرسانية لسد حركات الحفر .

وفي حالة وجود طبقتين مختلفتي التوصيل الهيدروليكي يمكن قياس (K) في الطبقة العليا بالطريقة التي ذكرت عاليه ثم تستعمل ماسورة مصممة الجدار مفتوحة الطرفين حتى أعلا الطبقة السفلى لمنع تسرب المياه داخل الحفرة من الطبقة العليا .

وهناك كثير من الطرق الأخرى المشابهة لإيجاد (K) في الاتجاه الرأسى مثل طريقة الضخ في بئر ضحل (Shallow well pump-in test) وجهاز قياس النفاذية باستعمال حلقة معدنية (Ring Permeameter) وطرق أخرى مثل طريقة د.د. خفاجى العدد الثانى من مجلة المهندس فبراير ١٩٤٩ ، وغيره .

٣ - طريقة البيزومتر Piezometer method :

وتستعمل لقياس معامل التوصيل الهيدروليكي في الاتجاه الأفقى للطبقات رقيقة من التربة تحت منسوب الماء الأرضى لا يقل سمكها عن ٣٠ سم حتى يمكن تجهيز حفرة غير مكسوة (Uncased) بطول $W = 10$ سم في وسطها بعد حفر ثقب رأسى بالبومبة أو الأوجر (من النوع الزميركى Ship or Helical type) المبين بشكل (٢٩) حيث يطر الثقب حوالى بوصة واحدة يحاط بماسورة حجاب الجدار كما هو موضح بشكل (٣٠) :



شكل ٣٠ : طريقة البئرومتر لإيجاد (K)

ونحسب (K) من المعادلة :

$$K = \frac{3600 \pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \ln (Y_1/Y_2)}{\Delta (t_2 - t_1)} \text{ in./hr.} \quad (17)$$

حيث :

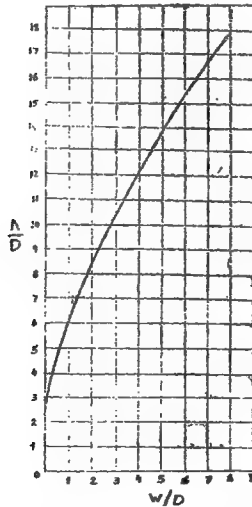
h : المسافة بين سطح الأرض ومستوى الماء الأرضي (بوصة) ،

D : القطر الداخلي للبئرومتر والحفرة (بوصة) ،

d : المسافة بالبوصة بين منسوب سطح المساء الأرضي وقاع البئرومتر

(المسافة المكسوة) ،

- W : طول الحفرة الغير مكسو (حوال 4') ،
 D : العمق حتى التغير في قوام التربة أى حتى الطبقة التالية (برصة) ،
 Y_1, Y_2, Y_3 : المسافات بالبوصة من سطح الماء الأرضى حتى منسوب المياه عند أزمنة t_1, t_2, t_3 و
 $(t_3 - t_1)$: الزمن بالتأية لتغير منسوب المياه داخل البيرومتر من Y_1 إلى Y_3
 \bar{Y} ويمكن الحصول على (A) من المنحنى بشكل ٣١ بمعرفة $\frac{W}{D}$:



شكل ٣١ : A : كدالة لـ (D) و (W) (لون وكر كهام ١٩٤٩)

ولا يمكن استعمال هذه الطريقة في التربة المحصورة أو الرملية الخشنة إذ أن سقوط أى كتلة صغيرة من الحصى قد يعطى نتائج خاطئة ، كذلك في حالة صغر سمك الطبقة المراد قياس (K) لمساً عن ٣٠ سم . أما في حالة انخفاض (K) فيجب إعادة التجربة أكثر من مرة، إذ قد تصل الفروق في (K) إلى ١٠٠٪ . وغالباً نستعمل طريقة البزومتر لإيجاد (K) للطبقات الطينية والطينية الطميية لاسيما ذات العمق البعيد (أكبر من ١ متر) .

٤ - تحديد معامل التوصيل الهيدروليكي في حالة حركة المياه خلال تربة غير مشبعة (K_{ω}) أو معامل التوصيل الشعري : (Capillary conductivity)

i - من المعادلة :

$$K_{\omega} = \alpha \cdot K \quad \dots(18)$$

حيث :

K : هو معامل التوصيل الهيدروليكي لتربة مشبعة تماماً ،

α : يمكن الحصول عليها من معادلة أفريانوف (Averyanov, A.F. 1956) :

$$\begin{aligned} \alpha &= \overline{W} (3\overline{W} - 2) - 2 (1 - \overline{W})^2 \ln (1 - \overline{W}) \\ &= \overline{W}^{\beta} \quad \dots(19) \end{aligned}$$

حيث :

$$\overline{W} = \frac{W - W_o}{n - W_o} \quad \dots(20)$$

وحيث :

n : مسامية التربة ،

W_0 : نسبة كمية الرطوبة المقيدة داخل مسام التربة بواسطة القوى الجبريئية و

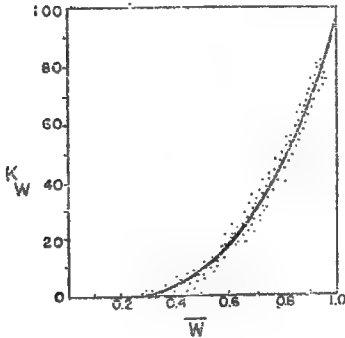
W : كمية الرطوبة الحقيقية .

وقد اعتبر أفرانوف أن $\beta = ٠,٣٥$. فعل سبيل المثال إذا كانت

$n = ٠,٥$ ، $W = ٠,٤$ ، $W_0 = ٠,٢$ فإن :

$$K_{\omega} = K \left(\frac{0.4 - 0.2}{0.5 - 0.2} \right)^{٠.٥} = 0.24 K.$$

ii - من المنحنى بالشكل ٣٧ :



شكل ٣٢ : العلاقة بين K_{ω} ، \bar{W} .

حيث تحدد $\bar{W} = \frac{W - W_0}{n - W_0}$ ثم تحدد K_W من المنحنى.

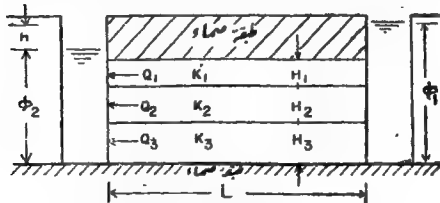
٥ - جهاز لقيس معدل صعود الماء في حجرة ويسمى أحيانا (Infiltrimeters) :

وهو في أبسط صورته عبارة عن ساق معدنية تعمل كقطب كهربائي (Electrode) مقسمة إلى عدة أقسام متساوية (٢٥ - ٥٠ سم)، حيث يواجه كل قسم حلقة معدنية تعمل كقطب مقابل للساق. فعند وصول المياه في الحفرة إلى إحدى تلك الحلقات يسرى التيار في دائرة كهربية موصلة بكل من القطبين، ويتم قراءة شدة التيار على الأميتر الموصل بالباتارية، ويرصد الوقت الذي بلغت المياه مستوى تلك الحلقة، وعندئذ تفتح الدائرة الكهربائية الخاصة بتلك الحلقة وتقتل دائرة الحلقة التالية التي تطوعا استمداوا لرصد قراءات الأميتر من حلقة إلى أخرى، وهكذا يحسب معدل صعود المياه في الحفرة وبالتالى تحسب التفاضلية ومعامل التوصيل الهيدروليكي.

و - التوصيل الهيدروليكي للتركيب الألفى (K_{CH})

: (Composite Horizontal Hydraulic Conductivity)

لتفرض تربة مكونة من ثلاث طبقات كما هو موضح بشكل ٢٢، لها معاملات توصيل هيدروليكي K_1 ، K_2 ، K_3 وسماكها (H_1) ، (H_2) ، (H_3)



شكل ٢٢ : حركة المياه أفقيا في تربة ذات ثلاث طبقات

والطول الأفقي لها (L)، والفرق في الضاغط الهيدروليكي عبر هذا الطول هو (h)
 ونفرض أيضاً أن التصريف المار من الطبقات الثلاث هو على الترتيب (Q_1)،
 (Q_2)، (Q_3) في كل ثانية وللوحدة العرضية (عمودى على مستوى الورقة بالرسم).
 وبتطبيق قانون دارسى (المعادلة رقم ٤) نجد أن :

$$\left. \begin{aligned} Q_1 &= K_1 \cdot \frac{h}{L} \cdot H_1 \times 1 \\ Q_2 &= K_2 \cdot \frac{h}{L} \cdot H_2 \times 1 \\ Q_3 &= K_3 \cdot \frac{h}{L} \cdot H_3 \times 1 \end{aligned} \right\} \dots (21)$$

وبجمع المعادلات الثلاث :

$$\begin{aligned} Q &= Q_1 + Q_2 + Q_3 = \frac{h}{L} (K_1 H_1 + K_2 H_2 + K_3 H_3) \\ &= K_{CH} \cdot \frac{h}{L} (H_1 + H_2 + H_3) \times 1 \end{aligned} \dots (22)$$

حيث :

المار أقبيا من الثلاث طبقات في الثانية و

الهيدروليكي المركب الأفقي .

[بحاد (K_{CH}) كالآتي

$$K_{CH} = \frac{K_1 H_1 + K_2 H_2 + K_3 H_3}{H_1 + H_2 + H_3}$$

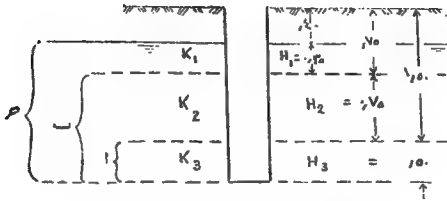
وحصل الهيدروليكي المركب الأفقي المتوسط الوزن

يكن للطبقات التربة الثلاثة .

مثال : قيس مداخل التوصيل الميثروليكي للبيئات السطحية من حفر اختيار ذات عمق ٢ متر فوجد كالآتي :

عدد مرات القياس	مدخل التوصيل الميثروليكي (متر / يوم)			عمق المياه الارضية من قاع المنفرة	
	المتوسط	الاكبر	الاقل	اقل من ٠,٥٠ متر	(أ)
٢١	(K _٥) ٠٠,٢٥	١,٤٠	٠,٠٣	١,٢٥ - ٠,٥٠ متر	(ب)
١٧	(K _{٥,٥}) ٠٠,٩٠	٠,٩٠	٠,٠٢	أكبر من ١,٢٥ متر	(ج)
٢٢	(K _{CH}) ٠,٥٠	٠,١٦	٠,٢١		

جدول ٤ : قيم (K) لاعماق مختلفة من المياه الارضية



شكل ٢٤ : حفرة بالاجر في تربة ذات ثلاثة طبقات

وبفرض أن سطح المياه المجموعة ١ على عمق ٠.٥ سم والمجموعة ب على عمق ٧٥ سم والمجموعة ج على عمق ١.٥ متر تحت سطح الأرض (أنظر شكل ٢٤) فإنه يمكن حساب (K_2) للطبقة الوسطى كالآتي:

$$(K_3 \cdot H_3 + K_2 \cdot H_2 = K_{2,3} (H_3 + H_2))$$

$$0.025 \times 0.5 + K_2 \times 0.75 = 0.060 (0.5 + 0.75)$$

$$K_2 = 0.083 \text{ m./day}$$

وكذلك يمكن حساب K_1 كالآتي:

$$K_3 K_8 + K_2 H_2 + K_1 H_1 = K_{CH} (H_3 + H_2 + H_1)$$

$$0.025 \times 0.5 + 0.083 \times 0.75 + K_1 \times 0.35 = 0.5 (0.5 + 0.75 + 0.35)$$

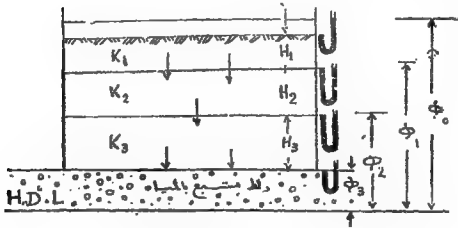
$$K = 2.07 \text{ m./day}$$

أى أن معامل التوصيل الهيدروليكي للطبقة المحصورة بين ٤٠ سم ' ٧٥ سم من سطح الأرض قدرحايبا بمقدار ٢,٠٧ متر/يوم.

٣ - معامل التوصيل الهيدروليكي المركب الرأسي

(Composite Vertical Hydraulic Conductivity)

نفرض أن كمية المياه المتسربة رأسيًا هي (Q) للوحدة المساحة خلال الثلاث طبقات ذات معاملات التوصيل الهيدروليكي (K_1) ، (K_2) ، (K_3) وسماك (H_1) ، (H_2) ، (H_3) وأن الضغوط الهيدروليكي عند السطح العلوي للطبقة العليا هو (Φ_0) وعند قاعها هو (Φ_1) وعند قاع الثانية هو (Φ_2) وعند قاع الثالثة (أو عند قاع الطبقة الثالثة) هو (Φ_3) كما هو موضح بالشكل ٣٥ :



شكل ٣٥ : حركة المياه رأسيًا في تربة ذات ثلاث طبقات

من قانون دارسي نجد أن :

$$\left. \begin{aligned} Q &= K_1 \frac{\Phi_0 - \Phi_1}{H_1} \times 1 \\ &= K_2 \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{H_2} \times 1 \\ &= K_3 \frac{\Phi_2 - \Phi_3}{H_3} \times 1 \end{aligned} \right\} \dots (24)$$

ويمكن ترتيب المعادلات (٢٤) كالآتي:

$$\left. \begin{aligned} \frac{QH_1}{K_1} &= \phi_0 - \phi_1 \\ \frac{QH_2}{K_2} &= \phi_1 - \phi_2 \\ \frac{QH_3}{K_3} &= \phi_2 - \phi_3 \end{aligned} \right\} \dots (25)$$

وبالجمع فإن

$$Q \left(\frac{H_1}{K_1} + \frac{H_2}{K_2} + \frac{H_3}{K_3} \right) = \phi_0 - \phi_3$$

ومنها

$$Q = \frac{\phi_0 - \phi_3}{\frac{H_1}{K_1} + \frac{H_2}{K_2} + \frac{H_3}{K_3}} \quad \dots (26)$$

ولكن إذا افترضنا أن التربة متجانسة وذات معامل توصيل هيدروليكي
مركب رأسي K_{CV} فإن :

$$Q = K_{CV} \cdot \frac{\phi_0 - \phi_3}{H_1 + H_2 + H_3} \times 1 \quad (27)$$

وبتساوي المعادلتين ٢٦ ، ٢٧ فإن

$$K_{CV} = \frac{H_1 + H_2 + H_3}{\frac{H_1}{K_1} + \frac{H_2}{K_2} + \frac{H_3}{K_3}} \quad (28)$$

ولانفسى أنه من أجل صلاحية المعادلة (٢٨) لابد أن تكون طبقات التربة
متجانسة بالمياه .

وقد تصل قيمة معامل التوصيل الهيدروليكي الرأسى عدة أمتار في اليوم للطبقات السطحية حتى عمق ٥٠ سم ، بينما قد تهبط إلى حوالى ١٠ ، ٥٠ متر في اليوم للطبقات الأعمق .

ويلاحظ أن معامل التوصيل الهيدروليكي الرأسى للطبقات العليا تقارب عادة قيم معامل التوصيل الهيدروليكي الأفقى ويرجع ذلك لتأثيرات الحيوية التي تسببها الديدان وجذور النبات والشقوق بالتربة . وقد وجد أن معامل التوصيل الهيدروليكي الرأسى لأراضى دلتا النيل يقل عن معامل التوصيل الهيدروليكي الأفقى وذلك بسبب نظام الترسيب للطبقات المختلفة للتربة .

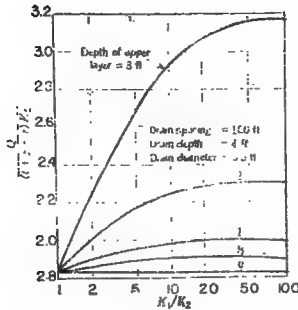
ح - تحديد الطبقات الصماء (Barrier Zones) :

يحدد مكتب الاستصلاح الأمريكى (Bureau of Reclamation) الطبقة الصماء بأنها الطبقة التي يقل معامل التوصيل الهيدروليكي لها إلى خمس ($\frac{1}{5}$) أو أقل من المتوسط الوزنى (Weighted-hydraulic conductivity) لمعاملات التوصيل الهيدروليكي للطبقات التي تعلوها ، والذي يقصد به معامل التوصيل الهيدروليكي المركب الأفقى والسابق تحديده بالمعادلة (٢٣) .

ويعطى شكل ٣٦ التغير في تصرف المصارف المغطاة كلما تغيرت نسبة معامل التوصيل الهيدروليكي للطبقة العليا من التربة (K_2) إلى معامل التوصيل الهيدروليكي للطبقة السفلى (K_1) من واحد إلى مائة .

أما إذا قلت النسبة ($\frac{K_1}{K_2}$) عن الواحد فإن منحنيات إنبسياب المياه في الطبقة العليا تكون رأسية .

وقد وجد أن التصرف يتغير كالآنى إذا ردم فوق المصارف من مواد التربة الأكثر نفاذية :



شكل ٣٩ التصرف الداخلى إلى المصارف المغطاة كلما تغيرت نسبة
معامل التوصيل الهيدروليكي لطبقتى التربة

$$\frac{K_1}{K_2} = 1 \quad Q = 100.0$$

$$\frac{K_1}{K_2} = 5 \quad Q = 46.1$$

$$\frac{K_1}{K_2} = 10 \quad Q = 42.2$$

$$\frac{K_1}{K_2} = 100 \quad Q = 41.1$$

كما أن مريان المياه يقل جداً خلال الطبقة الأقل نفاذية، إذا زادت $(\frac{K_1}{K_2})$
عن خمسة ويتدفق الجزء الأعظم من المياه خلال الردم فوق المصرف مما يفسر
قلة أو انعدام فعالية تعميق المصارف في الطبقات قليلة النفاذية .

ط - بعض القيم كالميل التوسيل المهندسي :

ملاحظات	أنواع التربة	النسبة المئوية للصلابة والطين	K م / يوم
Undisturbed	Webster silty clay loam	٩٠	٣٢ - ٩٩
	Marion "	٩٠	٣
	Luton clay "	٨٠	٧,٠٠ - ٧,٠٥
	Zuider Zee very fine sand	٢٠	٠,١٥ - ٠,٠٥
	سلط وطن	٧١ - ٧٥	٠,٠٢
Disturbed	رمل ناعم جدا وناعم	٢٨ - ٦	٠,٠٧
	رمل ناعم ومتوسط	١١ - ١	١٢,٠٠
	رمل حش	٨ - صفر	٨٢,٠٠
	زلط	٦ - صفر	٢٠٠,٠٠

جدول ه : قيم (K) لأنواع تربة مختلفة

والجدول الآتي مقتبس من أحد المراجع الأمريكية :

Material	K m./day
Clays	< 0.001
Loams	0.01
Sandy loam	0.1 - 0.5
Sands with clay	0.5 - 1.0
Fine sands	1 - 5
Medium grained sands	5 - 15
Coarse sands	15 - 50
Sands with pebble	50 - 100
Pebble	100 - 200

جدول ٦ - أ : قيم (K) لمواد مختلفة

بينما يعطى مرجع آخر الجدول الآتي :

Soil	K cm/sec.
Clay	0.000001 and smaller
Silt	0.0005 - 0.00001
Silty Sand	0.002 - 0.0001
Fine sand	0.05 - 0.005
Sand (mixture)	0.01 - 0.005
Clean coarse sand	1.0 - 0.01
Clean gravel	1.0 and greater

جدول ٦ - ب : قيم (K) لمواد مختلفة

والجدول الآتي مقتبس من أحاد المراجع الروسية:

Designation of soil	K (cm./sec.)
Peat, old sphagnum	0.0002 - 0.0001
Peat, young sphagnum	0.002 - 0.0002
Peat, moderately decomposed	0.0003 - 0.0002
Peat, little decomposed	0.006 - 0.002
Salt marsh	0.001 - 0.0001
Non-carbonated loess	0.00005 - 0.00001
Carbonated loess	0.0005 - 0.0001
Saline clay	0.000001 - 0.0000003
Clay	0.0005 - 0.000005
Carbonated loam	0.001 - 0.00005
Sandy loam	0.005 - 0.003
Clayey sand	0.01 - 0.005
Clean sand	1.0 - 0.01

جدول ٧: قيم (K) لأنواع تربة مختلفة

والجدول الآتي يعطي بعض K لبعض أنواع التربة في ج.ع.م.

المكان	عمق خفة الأوجر (متر)	K (cm./hr.)
مزرعة كلية الزراعة بأبيس	١,٤٨	٢,١٢
بلييس	١,٥٠	١,٤٥
من ١,٢٥ - ٢,٠٠	١,٢٣ - ١,٤٢	...
من صفر - ١,٢٥	١,٢٩ - ١,٤٦	...
من ١,٢٠	١,٢٧	...
من ١,٢١	١,١٦	...
من ١,٢٥ - ٢,٠٠	١,٢٣ - ١,٦٢	...
من صفر - ١,٢٥	١,٢٦ - ١,٠٨	...
١,٠٩	١,١٣ - ١,٢١	...
١,٠٠	١,٥٧ - ٢,٣٦	...
من صفر - ١,٢٥	٢,٧٠ - ١,٨٠	...
من ١,٠٢ - ٢,١٨	١,١٣ - ١,٥٤	...
...	١,٠٦ - ٢,٣٩	...
...	١,٠٧ - ١,٤٨	...
...	١,٠٢ - ١,٤٦	...
١,٠٠	١,٠٢ - ٢,٠٨	...
من ١,٠٠ - ١,٥٠	١,٠٢ - ٢,٠٨	...
١,٠٠	١,٠٢ - ٢,٠٨	...

جدول ٨: بعض قيم K بأراضي ج.ع.م.

م.م. : متوسط.

ويقسم بيل درجات النفاذية والتوصيل الهيدروليكي كما هو موضح بالجدول
التالي :

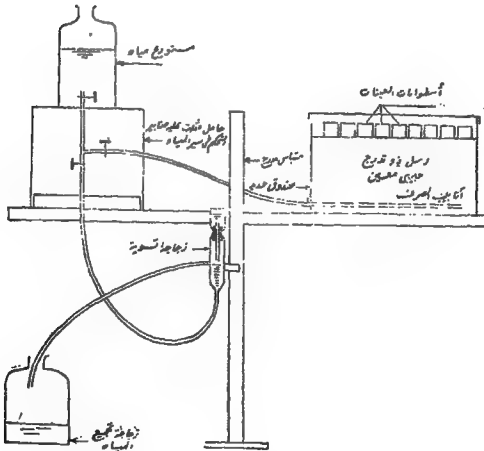
Class	cm /ln
very slow	≤ 0.125
slow	0.125 — 0.5
moderately slow	0.5 — 2.0
moderate	2.0 — 6.25
moderately rapid	6.25 — 12.5
rapid	12.5 — 25
very rapid	> 25

Table g : Permeability classes for saturated subsoils and the corresponding ranges of hydraulic cond and permeability, (O, Neal 1962, page 212 methods of soil analysis Part 1).

ج - قياس المسامية الصرفية (Drainable Porosity) :

تؤخذ عينات من التربة بجانيتها في الطبيعة (Undisturbed) ويؤخذ حجم معين منها في حالة تشبع ١٠٠٪ ثم يعرض للشد (Tension) مقداره ٧٠ سم حيث تتخلص التربة من المياه الحرة أسرع مما لو تركت التربة تصرف مائها تحت تأثير الجاذبية الأرضية مما يستغرق وقتا قد يطول إلى ١٥ يوم .
ويقسم حجم المياه التي تم صرفها تحت الشد سابق الذكر على حجم

التربة تنتج قيمة الماسامية الصرفية . وتعمل وزارة الري المصرية جهاز الصندوق الرمل (Sand box) لتحديد الماسامية الصرفية لعدد كبير من العينات في وقت واحد . وهو عبارة عن صندوق يحتوى على رمال ذات تدرج حبيبي معين حيث توضع فوقها أسطوانات العينات المجهزة بجائتها من الطبيعة، ويضط على الصندوق بغطاء محكم يتخلل الرمال عدة أنابيب الصرف تعرض للشد المطلوب (٧٠ سم) كما هو موضح بشكل (٣٧) .



شكل ٣٧ : جهاز الصندوق الرمل المستخدم في تحديد الماسامية الصرفية.

٣ - معادلة لابلاس (Laplace's equation) :

وتمعمل لحل مشاكل رشح المياه الأرضية والصرف حيث تدفق المياه ليس محددًا بخطوط مستقيمة (Not rectilinear) وهي مغنقة من قانون دارسي ومعادلة الاستمرار (Equation of continuity) التي تنص رياضيا على أن الكتلة لا تخلق ولا تستحدث :

$$-\left(\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z}\right) = \frac{\partial \theta}{\partial t} \quad \dots(29)$$

حيث :

V_x, V_y, V_z : سرعة المياه المتدفقة في الاتجاهات $(x), (y), (z)$ في وحدة الزمن خلال وحدة المساحة العمودية على الاتجاهات $(x), (y), (z)$ (المحور السيني) و

$\theta(x, y, z, t)$: حجم المياه بوحدة الحجم من التربة عند النقطة التي إحداثياتها (x, y, z) وعند زمن t .

وبافتراض أن θ تساوى مقدار ثابت كما في حالة التربة المشبعة بالماء وذات مسامية ثابتة ولها معامل توصيل هيدروليكي ثابت فإن معادلة لابلاس تصبح :

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \quad \dots(30)$$

حيث :

h : الضغط الهيدروليكي .

وفي حالة أخذ بعين فقط (Two - dimensions) تصبح معادلة لابلاس كالآتي :

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0 \quad \dots (31)$$

ولها حل عام (General solution) هو كالآتي :

$$h = A \pm Bx \pm Cy \pm Dxy \pm \sum_{n=1}^{\infty} E_n \frac{\sinh}{\cosh} \alpha_n \left(d \pm \frac{y}{y} \right) \frac{\sin}{\cos} \alpha_n \left(0 \pm \frac{y}{x} \right) \quad \dots (32)$$

حيث :

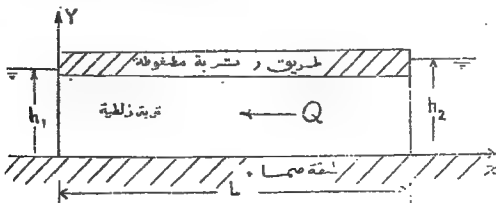
(Arbitrary ثابتة اختيارية) $A, B, C, D, E_n, d, 0$: قيم ثابتة اختيارية

(Boundary conditions) : يمكن تعديدها بمجموعة الشروط الحدودية

(Initial conditions) أو الشروط الابتدائية (Initial conditions) للسلالة.

تطبيق :

يمثل شكل ٨ : طريق مرصوف أو تربة مضغوطة تعلو تربة زلطية فوق طبقة صماء . ويمكن تلخيص الشروط الحدودية (Boundary conditions)



شكل ٨ : طريق يحده سطحي ماء غتاني المنسوب

في مثل هذه المسألة كالآتي :

$$(١) \text{ الضاغط } h_1 = h \text{ في حالة } x = 0$$

$$(٢) \text{ الضاغط } h_2 = h \text{ في حالة } x = L$$

وكمحاولة لحل المسألة نفترض أن الحل هو : $h = ax$

وعند $x = 0$ نجد أن الحل السابق لا يصلح لأنه يقول أن

$$h = A \times 0 = 0$$

بينما الضاغط يساوى h_2 لذلك نحاول الحل التالى :

$$h = Ax + B$$

$$h_1 = A \times 0 + B : (١) \text{ ونطبق الشرط}$$

وبذلك يتحدد الثابت الاختيارى (B)

$$h_2 = A \times L + h_1 : (٢) \text{ ونطبق الشرط}$$

$$A = \frac{h_2 - h_1}{L} \quad \text{يمكن إيجاد}$$

وبذلك يصبح حل المسألة الذى يوفى الشروط المحدودة المعطاة :

$$h = \left(\frac{h_2 - h_1}{L} \right) x + h_1$$

معامل الصرف أو مقنن الصرف

: (Discharge Factor or Drainage Duty or Coefficient)

أولاً : تعريف :

معامل الصرف أو مقنن الصرف هو العلاقة بين كمية المياه التى يستتجيبها
المصرف وبين الزمام المركب عليه . وبألفاظ أخرى هو قدرة المصرف على

تصرف كمية المياه في وحدة الزمن ويعبر عنه في الولايات المتحدة الامريكية بعدد الايكروز (Acres) (الايكر يساوى ٤٠٤٧ م^٢ أى أقل قليلا من الفدان ٤٢٠٠.٨٣ م^٢) التى تعطى تصرف مقداره قدم مكعب واحد في الثانية نتيجة صرفها، كما يعبر عنه أيضا بصق المياه التى يمكن صرفها في فترة ٢٤ ساعة، فمثلا معامل صرف يساوى $\frac{3}{8}$ بوصة يعنى أن نظام الصرف يسمح بإزالة عمق يساوى $\frac{3}{8}$ بوصة من المياه على سطح التربة في ٢٤ ساعة، وتتراوح قيمة معامل الصرف $\frac{1}{4}$ بوصة غير أنه يكون في الغالب بين $\frac{3}{8}$ و ٢ بوصة . أما في مصر فيعبر عن ممتن الصرف بعدد الامتزاز الكمية المطلوب إزالتها في اليوم لكل فدان على المصرف . وهناك معامل مناظر لمعامل الصرف يسمى معامل الانفاص أو معامل الانجراف السطحي (Run-off modulus) وهو عبارة عن عمق المياه (بالبوصات) على سطح الأرض الذى لم يصرف والذي يجب إزالته بواسطة المصارف في ٢٤ ساعة

وفائدة معامل الصرف واضحة وضرورية من أجل تصميم قطاعات المصارف المختلفة وكذلك الأعمال الصناعية المطلوب إنشاؤها على هذه المصارف علاوة على الطلبات اللازمة.

ثانيا : العوامل التى يتوقف عليها معامل الصرف :

يتوقف معامل الصرف على الآتى :

١ - نسبة معامل الصرف السطحي إلى معامل الصرف الباطني وهذه تنوقف على الآتى :

١ - اعتماد سطح الأرض وشكل السطح العلوي للتربة ،

٢ - مكونات التربة ومدى قابليتها للتعر أو الانجراف (Erosivity of soil)،

٣ - الترتيب الرأسى للطبقات التربة ونفاذية كل طبقة لاسيما الطبقة السطحية، فإذا كانت الطبقة السطحية طينية بطيئة التوصيل الهيدروليكي، فإن الصرف السطحي يكون أكبر من الصرف الباطني بعكس الأراضى الرملية المستوية،
٤ - كمية مياه الري وكمية الأمطار فكلما زادت هذه الكميات كلما زاد معامل الصرف السطحي، كما تعتمد النسبة بين معامل الصرف على مواعيد وطرق ونظم الري وفضول السنة،

٥ - حالة الجو وتشمل: درجة حرارة تربة والمياه التي تؤثر على الزوجة وبالتالي على التوصيل الهيدروليكي وتسرب المياه داخل التربة وحركتها،

٦ - نوع النبات ومدى استهلاكه للمياه فيمض النباتات كالأرز تحتاج إلى مياه وفيرة مما يؤدي إلى كبر معامل الصرف السطحي و

٧ - شكل ومساحة المنطقة المراد صرفها وحجمها، فكلما صغرت المساحة كلما زادت مقدرة التحكم في رطبها وصرفها.

ب - بعد أر عمق مستوى المساء الأرضى عن سطح الأرض والمسافة بين المصارف،

٨ - حالة المصارف سواء مغطاة أو مكشوفة أو وأسية،

د - الزمن اللازم للتخلص من المياه الراكدة،

هـ - وجود أى حواجز أرضية صماء - كالحاجز جنوبى القاهرة - قرب المنطقة على بعد قريب من أى كتل مائية أو بحيرات أو من البحر أو المحيط و
و - عمق الطبقات الصماء أو الطبقات بطيئة النفاذية.

وتجدر الإشارة إلى أن معامل الصرف فى الأراضى الملحية التى تحتاج إلى غسيل - إلى ٥٠ م^٣/فدان/يوم - بينما يصل عادة إلى ٢٠ - ٣٠ م^٣/فدان/يوم للصروف صغيرة

الحجم، وإلى ٢٥ م^٢ / فدان / يوم للصرف القرحية، وإلى ١٥ م^٢ / فدان / يوم للصرف الرئيسية، وإلى ٢ م^٢ / فدان / يوم لطلبات الصرف. وقد يؤخذ مساوياً ٢٠ - ٤٠ / من المقتن المائي أو الاحتياجات المائية.

ثالثاً : إيجاد كمية مياه الصرف :

تعتمد كمية مياه الصرف على معامل الصرف الذي يساوى مجموع معامل الصرف السطح ومعامل الصرف الباطن، وكمية المياه التي يتم صرفها كجزء من الاحتياجات الصرفية (Drainage requirement) ويمكن إيجادها بمعرفة الآتي :

١ - **الثالث :** من مياه الري سواء كانت مياه رشع (Seepage) أو نتيجة سوء استعمال المياه أو غير ذلك، ومياه الري هي غالباً المورد الرئيس لمياه الصرف. ويشمل الفاقد من مياه الري مصدرين رئيسيين هما :

١ - **من الأنهار والقرع والجاري التالية أثناء نقل المياه إلى للزراعة :**

ذلك عن طريق التسرب والرشح، وعادة يقدر بنسبة ٢٠-٣٠٪ من المياه الكلية وقد تزيد إلى ٦٠٪ كما ذكر تيل (Teale) في دراسة لعام ١٩٠٧. ويمكن حساب هذا الفاقد من معادلة موريتز (Moritz) :

$$S = 0.2 C \sqrt{Q/V} \quad \dots [33]$$

حيث :

S : الفاقد بالقدم المكعب / ثانية لكل ميل طول من التربة أو المجرى المائي،

Q : تصرف المجرى للمائي (قدم مكعب / ثانية)،

V : السرعة المتوسطة للمياه بالمجرى المائي (قدم / ثانية) و

C : عمق الماء بالنعم الذي يفقد خلال الحيط الجلي للمجرى الثاني في زمن قدره ٢٤ ساعة وتقدر قيم (C) من الجدول الآتي :

نوع المادة	C قدم/يوم
تبطين بالحرسانة	٠,٣٢
تبطين بالواط مع الاسمنت أو طبقات صماء مع ضمي رملي	٠,٠
طين أو طين طيني	٠,١
طين رملي	٠,٦٦
Volcanic ash	٠,٨
Volcanic ash with some sand	٠,٩٨
Sand and volcanic ash or clay	١,٠
أرض رملية مع بعض الصخور	١,٠
ترية رملية وزلطية	٢,٤٠

جدول ١٠ - قيم (C) لأنواع مختلفة من المواد.

مثال :

$$\text{إذا كانت } Q = \text{يوم قسم مكعب / ثانية} ,$$

$$V = \frac{2.0}{\text{قدم / ثانية}^2}$$

$$C = \frac{0.66}{\text{يوم / ترية رملية رملية}} .$$

$$S = 0.2 \times 0.66 \sqrt{\frac{5}{2.5}} = 0.184 \text{ c.f.s./mile.}$$

وتتوقف قيمة كل فائد على : كمية مياه الري، وطرق الري، والأعمال الصناعية للمقادة، فمثلا المساقى المبطنة تقلل من ورش المياه بقطاعها، وكذلك الهدارات المقامة والتي تتحكم في مياه الري، ومنسوبها أمام وخلف كل هدار تؤثر على كمية المقادة، أخف إلى ذلك تأثير مياه الري على منسوب الماء الأرضى وتذبذبه خلال مواسم الري ومن سنة إلى أخرى ،

٢ - المقادة عند نهايات الربع من المياه التي لم يستعملها المزارعون و

٣ - المقاد من الحقل أو المزرعة سواء أثناء الري أو أثناء الفيضان، ويتغير حسب الموسم الزراعى سواء فى الشتاء أو فى الصيف وحسب نوع المحصول، فالمقاد مال بالنسبة للرسم عنه بالنسبة للأجرة الشاوية مثلا، كما يتغير حسب قطاع التربة وسمك الطبقات وتماقيا وقوام وبناء التربة وتوصيلها للبياه ، فحيث المسامية عالية يزيد المقاد . وكذلك يتغير المقاد حسب طوبوغرافية سطح الأرض فمع زيادة انحدار سطح الأرض يقل المقاد . ويمكن تقدير المقاد من الحقل فى المساحات متوسطة النفاذية حيث معدل التخلل (Infiltration rate) يتراوح من ٢ إلى ١٠ سم / ساعة - بحوالى من ٢٠ إلى ٢٥٪ من مياه الري التي تصل إلى الحقل على مدار السنة باعتبار أن المقاد من ٣٠ - ٥٠٪ يفقد أثناء فصل وفرة المياه وهو غالبا فصل الشتاء وباعتبار أن المقاد من ١٠ - ٢٠٪ يفقد أثناء موسم الجفاف . أما إذا زاد معدل التخلل عن ١٥ سم/ساعة فلا بد حيقظ من تغيير طريقة الري من الري بالجاذبية (Gravity irrigation) - حيث يزيد المقاد كثيرا أبدا - باستعمال طريقة أخرى للري مثل طريقة الري بالرش (Sprinkler irrigation) مثلا حتى يقل المقاد إلى حوالى ١٠ - ١٥٪ .

ب - الاحتياجات القميلية :

١ - معادلات التوازن المائي والملحي :

يمكن حساب الاحتياجات القميلية من معادلات التوازن المائي والملحي كالآتي :

معادلة التوازن المائي بمنطقة جذور النبات لحقل مروي هي :

$$I + R = E + P + \Delta V \quad \dots[34]$$

حيث :

I : كمية مياه الري ،

R : كمية مياه الأمطار أو تساقط المياه (Precipitation) ،

E : كمية المياه المفقودة سواء بالبخر أو التساقط أو كليهما معا (Evapotranspiration) وتساوي في مصر ١ مم / يوم في المتوسط للنبات العادية وتزيد إلى ١.٥ مم / يوم للأرز ،

P : التسرب العميق (Percolation) تحت منطقة جذور النبات أو كمية المياه الشعيرة و

ΔV : التغير في كمية الرطوبة المخزنة في التربة بمنطقة جذور النبات .

ولإيجاد معادلة التوازن الملحي بمنطقة جذور النبات يضرب كل حد من حدود المعادلة (٣٤) في تركيز الأملاح له :

$$I \cdot C_I = P \cdot C_P + \Delta S \quad \dots[35]$$

وذلك بفرض أن تركيز الأملاح لمياه المطر ومياه البخر والتساقط يساوي صفر .

حيث :

C_I : تركيز (Concentration) الأملاح بمياه الري ،

C_P : تركيز الأملاح بمياه التسرب العميق أى تحت منطقة جذور النبات و

ΔS : التغير فى كمية الأملاح الذاتية بمنطقة جذور النبات قبل إضافة مياه الري وتناقل المياه وبمدها .

وحيث أن كفاءة غسيل التربة (Efficiency of leaching) لا يمكن أن تساوى ١٠٠ ٪ بل هى أقل من ذلك ، فإنه إذا أخذنا الجزء الفصال من المياه التى تمر بمنطقة جذور النبات إلى حيث تتسرب تحتها وعبرنا عنه بالرمز (h) فإن الجزء من المياه الغير فعال يساوى $(1 - I)$ وبالتالى تكون العلاقة الآتية صحيحة :

$$C_P = I \cdot C_{S.M.} + (1 - I) C_I \quad \dots [36]$$

حيث :

$C_{S.M.}$: تركيز الأملاح فى الرطوبة الأرضية (Soil moisture) بمنطقة جذور النبات عند الدقة الحقلية و

I : معامل كفاءة الغسيل (Leaching coefficient) ويعتمد على بناء وقرام التربة الذى يتضمن حجم وتوزيع المسام ، كما يعتمد على نفاذية التربة وحمق منطقة الجذور ، ويمكن تقدير (I) من الجدول (١١) .

التربة	معامل كفاءة التسميل (I)
رمل أو تربة منفردة الحبيبات ...	٠٠٨ - ٠٠٧
طين أو رمال طينية ...	٠٠٦ - ٠٠٥
طين أو طين طيني ...	٠٠٤ - ٠٠٣
طين ثقيل ...	٠٠٣ - ٠٠٢

جدول ١١ : بعض القيم لمعامل كفاءة التسميل (I).

٢ - حساب كميات مياه الصرف لفترة زمنية طويلة :

لحساب التوازن المائي والملحي لفترة طويلة (عام مثلا) ، فإنه يمكن إجمال التغيرات في الرطوبة المختزنة بالتربة في منطقة جذور النبات (ΔV) كما يمكن إجمال التغير في كمية الأملاح الذاتية بمنطقة جذور النبات (ΔS) كالآتي :

من المعادلة ٣٥ ، ٣٦ ومع عمل تجميع كل حد بالمعادلة :

$$\sum I \cdot C_{\bar{I}} = \sum P \{ I \cdot C_{S.M.} + (1-I) C_{\bar{I}} \} \dots (37)$$

حيث :

\sum : مجموع كميات المياه المذكورة بعدا ،

$C_{\bar{I}}$: المتوسط الوزني (Weighted average) لتركيز الأملاح المذابة بمياه الري على طول الفترة الزمنية ،

$C_{S.M.}$: متوسط تركيز الأملاح المذابة بالرطوبة الأرضية في منطقة

جذور النبات و

ΣP : مجموع المياه المقربة والتي تساوى مياه الصرف التي لابد لها أن تخترق منطقة جذور النبات كي يظل تركيز الأملاح بمتوسط قدره $(C_{S.M.})$ حل طول الفترة الزمنية ، والذي يجب ألا يزيد عن حد معين يتحدد بنوع النبات ومدى حساسيته للأملاح .

ومن المعادلة ٢٧ نجد أن :

$$\Sigma P = \frac{\Sigma I \cdot C_I}{\{ l \cdot C_{S.M.} + (1-l) C_I \}} \quad \dots [38]$$

وبالاستعانة بالمعادلة (٢٤) للتعبير عن قيمة (d) فإن :

$$\Sigma P = \frac{(\Sigma E + \Sigma P - \Sigma R) C_I}{\{ l \cdot C_{S.M.} + (1-l) C_I \}}$$

$$\Sigma P - \frac{\Sigma P}{\{ l \cdot C_{S.M.} + (1-l) C_I \}} = \frac{\Sigma (E - R) C_I}{\{ l \cdot C_{S.M.} + (1-l) C_I \}}$$

$$\frac{\Sigma P \{ l \cdot C_{S.M.} + (1-l) C_I \} - \Sigma P}{\{ l \cdot C_{S.M.} + (1-l) C_I \}} = \frac{\Sigma (E - R) C_I}{\{ l \cdot C_{S.M.} + (1-l) C_I \}}$$

$$\Sigma P = \frac{\Sigma (E - R) C_I}{(l C_{S.M.} - l \cdot C_I)} = \frac{\Sigma (E - R) C_I}{l (C_{S.M.} - C_I)} \quad \dots [39]$$

وإذا عبرنا عن تركيز الأملاح في المياه الأرضية بمنطقة جذور النبات عن طريق التوصيل الكهربائي (Electrical conductivity) للمستخلص الشبع (Saturation extract) ورمزنا لها بالرمز (E.C.) وعلى فرض أن الرطوبة

عند تشبع التربة تساوى ضعف الرطوبة عند السعة الحقلية للأراضي متوسطة القوام - فإن المعادلة ٣٨ يمكن إعادة كتابتها كالآتي :

$$EP = \frac{EIO_T}{\{2 \cdot I \cdot EOC_{SE} + (1-I)EO_T\}} \quad [40]$$

وكذلك بالنسبة للمعادلة (٣٩) تصبح :

$$EP = \frac{E(EO - RO)EO_T}{I(2EO_{SE} - EO_T)} \quad [41]$$

ومن المعادلات ٤٠ ، ٤١ يمكن حساب كمية مياه الصرف التي تساوى مياه الرش أو التسرب لفترات زمنية طويلة .

ولتقدير كمية مياه الري أو التسميل اللازمة لخفض الملوحة فإنه كمعادلة عامة تقريبية يمكن اعتبار أن ارتفاع قدم واحد من المياه كاف لخفض الملوحة لقدم واحد من التربة بمقدار ٨٠ ٪ في حين أن ارتفاع ٢ قدم من المياه كاف لخفض ملوحة القدم العلوى بمقدار ٩٠ ٪ والقدم التالى بمقدار ٨٠ ٪ وهكذا ومثال ذلك لو فرض أن لدينا تربة مستخلصها المشبع له معامل توصيل كهربائى يساوى ٠٠ مليموز / سم ويراد خفض الملوحة إلى حوالى ٨ مليموز / سم لعمق ٣ قدم من التربة لذلك فالمطلوب هو ارتفاع حوالى ٣ قدم من الماء مما سيستج عنه خفض القدم الثالث السفلى إلى حوالى ٨ مليموز / سم كما سيستج عنه خفض ملوحة القدمين العلويين إلى أقل من ٨ مليموز / سم . أما إذا أريد خفض الملاحية في القدم السفلى الثالث إلى ٤ مليموز / سم فإن المياه المطلوبة للتسميل ستكون بارتفاع حوالى ٦ قدم .

٣ - حساب كمية مياه الصرف لموسم زراعي معين أو الفترة زمنية قصيرة :

لما كانت كميات مياه الصرف المحصورة لفترات طويلة غير كافية في العادة لتصميم مشروعات الصرف المختلفة ، فإنه يفضل أن يحسب التغير الموسمي أو الشهري للأوزان الملحية ، وبالتالي تحسب أقصى الكميات للمياه المراد صرفها وذلك بدراسة العلاقة بين مياه الري والأملاح ومياه الصرف لفترات شهرية أو موسمية . ويمكن حساب كميات الأملاح المختزنة بمنطقة جذور النبات آخر كل شهر أو كل موسم كالآتي :

$$S_2 = S_1 + \Delta S \quad [42]$$

حيث :

S_2 : كمية الأملاح الدائمة بمنطقة جذور النبات عند نهاية الموسم أو الشهر ،

S_1 : كمية الأملاح الدائمة بمنطقة جذور النبات عند أول الموسم أو الشهر و

ΔS : التغير في كمية الأملاح خلال الموسم أو الشهر سواء بالزيادة أو

النقصان .

فإذا كانت :

\bar{S} : متوسط كمية الأملاح الدائمة بمنطقة جذور النبات خلال الموسم أو

الشهر فإن :

$$\bar{S} = \frac{S_1 + S_2}{2} = \frac{S_1 + (S_1 + \Delta S)}{2} \quad [43]$$

$$= S_1 + \frac{\Delta S}{2}$$

وبفرض أن منطقة جذور النبات تتكافئ T_p ، وأن كمية المياه بها تعادل السعة الحقلية فإن :

$$\bar{S} = T_p \cdot F.O. \cdot C_{S.M.} \quad [44]$$

أما معادلة التوازن المياه الأرضية فهي :

$$P + S_p = D_n + D_r + \Delta W = D_t + \Delta W \quad [45]$$

حيث :

P : التسرب العميق كما ذكر من قبل ،

S_p : المياه المنسربة أو الراشحة من مناطق عالية مجاورة بعيدة أو قريبة إلى الماء الأرضي ،

D_n : مياه الصرف الطبيعي (Natural drainage) ،

D_r : مياه الصرف الصناعي (Artificial drainage) ،

D_t : مجموع مياه الصرف و

ΔW : التغير في الرطوبة المخزونة تحت منطقة جذور النبات .

وتحسب كميات مياه الصرف من المعادلة ٤٥ لكل شهر أو موسم وكذلك تحسب كميات الأملاح المذابة لكل شهر أو موسم من المعادلتين ٤٤ ، ٤٤ بحيث تظل قيمة (S_p) والتي بدى بها أول الشهر أو للموسم كما هي بعد حساب قيمة (S_2) لباقي شهور السنة أو للفترات التالية مما يتطلب عدة محاولات لذلك .

ويلاحظ أن جميع المعادلات السابقة تفترض أن جميع الأملاح ذائبة في الماء وهذا صحيح فقط للكلوريدات وأملاح الصوديوم والبوتاسيوم وكبريتات المغنسيوم إلا أنه غير صحيح بالنسبة لأملاح كربونات الكالسيوم والمغنسيوم

وكبريتات الكسيوم . لذلك فإنه إذا وجد أى جزء من الأملاح القليلة الذائبان في الماء يحسن إضافة تصحيح إلى الناتج من المعادلات السابقة .

ج - الظروف أو الحالات الهيدرولوجية :

وتعتمد على حالة الجو، وتأثير الحرارة على البخر والتساقط، وعلى كميات تساقط المياه ومنها الأمطار وأثرها على الجريان السطحي، وعلى مفسوب المياه الأرضية وتذبذبها على مدار الزمن، علاوة على مساحة وشكل وطبوغرافية المنطقة، ونوع النباتات المنطبة لها . وكذلك تعتمد على مدى ارتفاع سطح الأرض عن مستوى الماء الأرضي، وعلى حالة المصارف الخصومية والعامة .

رابعاً : حساب ملقن الصرف :

١ . العلاقة بين مياه الرى أو الطر والبحر ومياه التخلل (Infiltration) أو التشرب وللمياه المتبقية على سطح الأرض :

$$q = q_0 + q_i + (q_f + q_r) \quad \dots [46]$$

حيث :

q_i : كمية مياه الرى أو الأمطار ،

q_0 : كمية مياه البحر ،

q_i : كمية المياه المستفذة بواسطة النبات (Evapotranspiration)

وتساوى صفر في حالة عدم وجود نباتات ،

q_f : كمية مياه التخلل أو التشرب (Infiltration) و

q_r : كمية المياه المتبقية على سطح الأرض (Residual) .

وقد أعطى ويروشى (Weyrouchi) نسبة المياه المختلطة تحت سطح الأرض

للمياه الأمطار حسب نوع التربة كالآتى :

نسبة المياه المتخللة إلى مياه الأمطار	نوع التربة
٣٧,٩ %	طينية
٤٠,٥ %	طينيه
٥١,٧ %	طينيه رملية
٨٣,٢ %	رملية

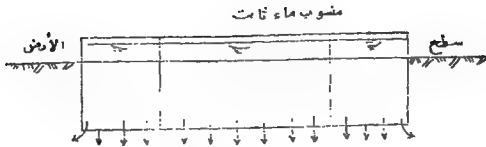
جدول ١٢ : نسبة المياه المتخللة تحت سطح الأرض إلى مياه الأمطار
لأنواع مختلفة من التربة .

والمياه التي يجب التخلص منها بالصرف هو المقدار $(Q_f - Q_r)$ ونحدد (Q_f) بطريقتان الأولى بقياس معامل التخلل (F) (سم / ثانية) باستعمال جهاز التخلل (Infiltrometer) والثانية بواسطة تحليل منحنيات أو هيدروجرافات الجريان السطحي (Runoff hydrographs) الناتجة من سقوط الأمطار وتستعمل للمساحات الشاسعة .

(الهيدروجراف هو منحنى لتصرف أو لمنسوب المياه مع الزمن) .

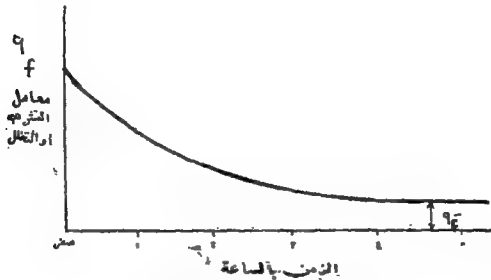
تعدد معامل التخلل بواسطة جهاز التخلل (Infiltrometer) :

يتكون الجهاز من أسطوانتين لهما نفس المركز من معدن مناسب ويتراوح قطرها ما بين ٢٠ - ٩٠ سم وتوضعان بحيث يخترق جزء منها تحت سطح الأرض كما هو واضح بشكل ٣٩ والأسطوانة الخارجية لتحديد التخلل في الاتجاه الرأسى أسفل الأسطوانة الداخلية، ومع بداية الرى أو سقوط الأمطار نجد أن جميع المياه تنسرب إلى داخل التربة حتى تتشبع الطبقة العليا للتربة ، فتتوقف عن قبول كل



شكل ٣٩ : جهاز قياس التخلل

ما يصلها من مياه مكثفة بمقدار معين ثابت هو (q_f) يقابل ما تفقده هذه الطبقة بالقرب، ويمادل قدرة التربة على شرب المياه، أو على التخلل كما هو واضح بشكل ϵ . فإذا زادت مياه الري أو الأمطار عن هذا المقدار مضافا إليه الفاقد بسبب البخر وما يستفذه النبات بقي المقدار (q_r) على سطح الأرض، والذي يتحكم التخلل منه قبل مضي زمن معين حسب نوع النبات، وإلا تسبب عنه ضرر بالغ



شكل ٤٠ : العلاقة بين معامل التخلل والزمن

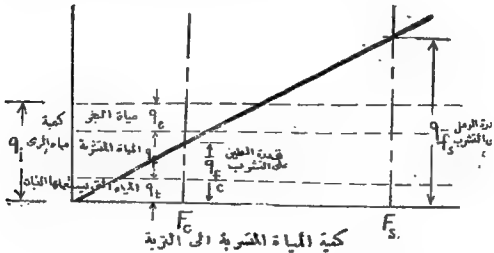
للحصول. ويعتمد توزيع (q_f) من جانبي أى مجرى مائى، ومقداره، على: النسبة بين عمق المياه بالمجرى، وعرض القطاع. فكما قل عن المياه، أرقلت النسبة بين عمق المياه وعرض المجرى كلما انتظم توزيع سرعة تشرب المياه أو تخطئها، كما أن التخلل يمكن اعتباره رأسياً وهوزعاً بالتساوى إذا صغر عمق المياه جداً بالنسبة إلى عرض المجرى، وفى هذه الحالة فإن كمية التخلل من منطقة عرضها (B) وطولها متر واحد يصبح:

$$q_f = F \cdot B \quad \dots[47]$$

وبالتالى فإن كمية التشرب من هكتار واحد فى الثانية:

$$\begin{aligned} q_f &= F \times 10^4 \text{ m}^3/\text{sec.}/\text{hect.} \\ &= F \times 10^7 \text{ Liter/sec.}/\text{hect.} \end{aligned}$$

وهى أقصى كمية يمكن أن تشرب إلى التربة المشبعة، أو الكمية المعادلة لفترة



شكل ٤: العلاقة بين مياه الرى وكمية المياه المتسربة إلى التربة

التربة على تشرب المياه وهذه العلاقة عبارة عن خط مستقيم كما هو موضع
بشكل ٢١ .

ب - حساب مقنن الصرف:

بفرض وجود تربة رملية معامل تشربها (F_s) وقدرتها على تشرب المياه (q_{fs})
وأخرى طينية معامل تشربها (F_c) وقدرتها على تشرب المياه هي (q_{fc})
وأن النباتات المزروع ومياه الري وجميع الظروف متساوية لنوعى التربة . وعلى
ذلك فإنه في حالة التربة الرملية نجد أن المقدار $(q_i - q_e)$ أصغر من q_{fs}
بمعنى أن الكمية $(q_i - q_e)$ تنسرب كلها إلى داخل التربة ويكون مقنن أو معامل
الصرف (D_s) كالآتي :

$$D_s = (q_i - q_e) - q_i \quad \dots[48]$$

أما في حالة التربة الطينية فإن المقدار $(q_i - q_e)$ أكبر من (q_{fc})
بمقدار المياه المتبقية على سطح التربة (q_r) ويكون مقنن أو معامل الصرف
الباطنى (D_c) كالآتي :

$$D_c = (q_i - q_e) - q_i - q_r \quad \dots[49]$$

مثال :

تربة معامل تشربها $F = 2.5 \times 10^{-3}$ سم / ثانية ، وارتفاع المظر
١٥٠ سم بعد ٢٤ ساعة ، والبحر يساوى ٥ مم في المدة المذكورة فإذا كان
النبات المزروع هو البطاطس والى لامتيش تحت الماء أكثر من ٤٨ ساعة .
أحسب مقنن الصرف .

$$\text{مياه المطر على الهكتار الواحد} = \frac{150}{1000} \times 10 \text{ متر مكعب}$$

$$= \frac{150}{1000} \times 10 \times 10 = 150 \text{ لتر}$$

$$= \text{المياه التي يجب إلّاؤها قبل مضي ٤٨ ساعة}$$

$$\text{أي أن } q_1 = \frac{10 \times 150}{60 \times 60 \times 48} = 8,7 \text{ لتر/ثانية/هكتار}$$

$$q_0 = \frac{10 \times 0}{60 \times 60 \times 48} = 0 \text{ لتر/ثانية/هكتار}$$

$$q_1 - q_0 = 8,8 - 0 = 8,8 \text{ لتر/ثانية/هكتار}$$

$$q_F = F \times \text{المساحة} = \frac{10 \times 2,0}{100} \times 10 \text{ م}^2 = 2,0 \text{ لتر/ثانية/هكتار}$$

$$= 10 \times 10 \times 2,0 = 200 \text{ لتر/ثانية/هكتار}$$

$$\text{أي أن } (q_1 - q_0) \text{ أكبر من } (q_F)$$

$$\text{وبفرض أن } (q_1) \text{ في مدة ٤٨ ساعة تساوي ٠,٢٤ لتر/ثانية/هكتار}$$

لذلك فإن معدل الصرف الباطني :

$$D_G = 0,24 - 2,0 = -1,76 \text{ لتر/ثانية/هكتار}$$

وبذلك يتخلف فوق سطح الأرض كمية مياه (q_F) يمكن إيجادها كالآتي :

$$q_1 - q_0 - q_F = 8,8 - 0 - 2,0 = 6,8 \text{ لتر/ثانية/هكتار}$$

$$= 6,8 \text{ لتر/ثانية/هكتار}$$

ومن أجل ذلك يجب التخلص من (Q_T) بالصرف السطى قبل مضي ٤٨ ساعة أو بزيادة قدرة التربة على تشرب المياه ميكانيكيا بواسطة الحيث العميق أو كياويا بإضافة كييات من الجير إليها :

مخرج مياه الصرف

بفض النظر عن نوع المصارف - لا بد لمياه الصرف من مخرج يشترط كفايته لتلقى أكبر كمية متوقعة من مياه الصرف، كما يشترط أن يسمح عمقه بتدفق المياه إليه . ويجوز في حالة قلة مياه الصرف أن تصب في أقرب ترعة أو نهر إذا كانت مياه الصرف عديمة أو قليلة التأثير على نوعية مياه الري ، وكثيرا ما يسمح بأن تحسب المياه في منطقة منخفضة ، أو بحيرة ، أو بركة قريبة، وفي حالة مياه الصرف المتقولة بمصارف مغطاة فيراها أن تكون نهاياتها على منسوب المياه بالمخرج بحوالى ١٥ سم على الأقل ، كما يجب أن تبرز نهاية ماسورة الصرف بمقدار من ٣ - ٦ متر لإلقاء المياه بعيدا عن الجوانب التي يخشى نحرها ، وإلا فيجب تكسية هذه الجوانب . وقد يضطر لاستعمال طلبات رافعة تصمم على أساس تصرف يعادل لم تصرف المصممة عليه المصارف . ولذلك تقسم مخارج المياه عادة إلى نوعين : بالمجازية وبالرفع .

تشغيل وصيانة مشروعات الصرف

أولا - أعمال التشغيل :

تفد شبكة الصرف إما باليد أو بالآلات في حالة المصارف المكشوفة يمكن استعمال الجرافات مع المكشطة (Scraper) والبالدوز (Bulldozer) والجرارات المحملة (Tractor loader) وحفار الخنادق (Trencher) وآلة المجرة

(Machine shovel) والحفرة الخلفية (Backhoe) والحطاف (Dragline) و (Clamshell) و (Grader) .

وبعد إتمام إنشاء أى مشروع الصرف فإنه فى حالة الصرف بالآبار نجد أن الطلبات الموجودة على الآبار هى فقط التى يلزم تنفيذها ، أما المصارف المفتوحة أو المكشوفة وكذلك المصارف المغطاة فإنها تعمل ذاتيا إلا إذا احتوى المشروع على طلبات لرفع مياه الصرف . وتشغيل الطلبات يعتمد أساسا على منسوب المياه الأرضية كما تبينه القياسات المختلفة فى آبار الملاحظة. وكلما ارتفع منسوب المياه الأرضية فوق العمق المطلوب أصبح من الضرورى تشغيل الطلبات ولا بد من مراعاة الوقت اللازم لحلق ميل هيدروليكي كاف لضمان حركة المياه الأرضية والترب العميق تجاه الآبار أو تجاه مأخذ الطلبات، وسرعة حركة هذه المياه تتوقف على صفات الخزان الأرضي، وعلى المسافات بين الآبار وتصرفها. وفى بداية تشغيل مشروع الصرف فإن تشغيل الطلبات يترك لتقدير المشرفين على المشروع حتى نهاية تسجيل المعلومات الآتية :

١ - تؤخذ قراءات أوقياسات أسبوعية لتسرب المياه ولمدة عامين على الأقل من بداية تشغيل المشروع وذلك لتحديد كفاءة التشغيل وتحديد أفضل المناسيب وأكثرها ملائمة لتشغيل الطلبات وإيقانها ،

كذلك بالنسبة للمشروعات التى لم ينشأ بها نظام الصرف يجب توفير القياسات اللازمة لمعرفة مدى ارتفاع الماء الأرضي وتذبذبه على مدار السنة حتى يمكن تحديد موعد الحاجة إلى تنفيذ مشروعات الصرف . وتؤخذ هذه القياسات عادة بمعدل واحدة لكل ١٠٠ - ٢٠٠ هكتار على الأقل ،

٢ - تؤخذ قراءات يومية على الأقل لمنسوب الماء الأرضي فى بعض المراتع لمعرفة تذبذب هذا المنسوب ما بين كل ريتين ولإمكان حساب متوسط عمق الماء

الأرض خلال موسم الري ولا مانع بعد الانتهاء من الحسابات المطلوبة من تسجيل هذا المنسوب شهريا ،

٣ - سجل تركيز الأملاح بالتربة والماء الأرضي ،

٤ - سجل تركيز الأملاح بمياه الصرف كما تقاس كمية هذه المياه و

٥ - سجل تركيز الأملاح بمياه الري كما تقاس كمية هذه المياه .

ومن خلال كل هذه القياسات يمكن الحكم على الميزان الملقى وهل يسر في الاتجاه المطلوب ، كذلك إذا كانت ملوحة الأرض أقل من المستوى المناسب وعما إذا كانت عمليات التسميل كافية أو يجب تعديلها . كما يمكن استعمال هذه البيانات في تصميم المشروعات والمائلة في ظروفها المحيطة وتربتها ومحايلها وجوها وإدارتها المائية ولوراعية وجميع الظروف الأخرى .

ثانيا - أعمال الصيانة :

الصيانة عملية مستمرة حيث يمكن تقسيمها إلى نوعين : **صيانة وقائية** قبل انبثاق المصارف و**صيانة تصحيحية** الانبثاق الجزئي أو الانبثاق الكامل إن حدث أى منهما بحسب سوء التصميم أو التنفيذ الغير سليم أو بسبب انعدام أو قلة الصيانة بعد التنفيذ ، وتشمل توسيع المصارف وتعديل بعض الأعمال الصناعية وعمل التكمييات وإعادة تخطيط المصارف ومنحياها وغير ذلك من أعمال .

ومن أسباب تلف المصارف المكتشفة ما يحدث بها من إطفاء ونمو بعض النباتات بها ، كذلك تآكل الجرانيت أو القاع وسوء استعمال الأرض مما قد يسبب تآكل التربة وانجرافا إلى المصارف وقد يكون من أسباب تلف المصارف عدم اختيار المواقع المناسبة وسوء تخطيطها وعدم اختيار العمق المناسب لها وعدم

كفاءة الأعمال الصناعية (البراغيخ والسحارات والكبارى وغيرها...) المقامة عليها.

ولابد أن يبدأ التخطيط لأعمال الصيانة منذ بداية تصميم مشروع الصرف فالمصارف المكشوفة تفقد فعاليتها إن لم تتوفر لها أعمال الصيانة الكافية . لذلك يجب أن يعطى لأعمال الصيانة وبرايجها نفس أهمية تصميم المشروع . وقد يصبح نظام الصرف هديم الجدوى نتيجة انسداد مجارى الصرف ونمو الأعشاب والحشائش والإطماء ، مما يستلزم استمرار الصيانة وتطوير المعارف إما باليد وقت خلوها من المياه حيث توضع نواتج التطهير خلف الجسور أو فوق جزء منها، وإما بالكرامات بأنواع القواديس أو الشفاطة أو الكباسة حيث يوضع ناتج التطهير في أحواض تخمر في المسطاح .

وتشمل أعمال الصيانة قطع الحشائش وحرقها واستعمال بعض المواد الكيماوية لإبادة الحشائش وإزالة المواد المترسبة بمجارى الصرف كلما تراكمت فيها . كذلك تشمل إصلاح الأعمال الصناعية وكل ما يلزم لزيادة كفاءة نظام الصرف بصفة عامة علاوة على إصلاح ما ينتج عن عمليات البحر بالقاع أو بالجوانب في بعض المصارف . والمصارف المكشوفة الكبيرة التى يزيد عرض قاعها عن - ٣٠ م، كلما زاد عمقها عن - ٣ م كلما قلت كمية الحشائش فيها لقلّة الغطاء اللازم لنومها غير أنه يخشى من زيادة مكعبات الحفر إذا زاد عمق المصرف كثيرا .

وقد استعملت في الحقبة الأخيرة من القرون العشرين المواد الكيماوية الآتية لإزالة الحشائش :

(2,4 - D ; 2,4 - dichlorephenoxyethyl sulfate) ومادة

(2,4,5 - Tr ; trichlorephenoxy acetic acid)

وبراعى الحرّس في استعمال هذه المواد حتى لا تقتل الطعن أو الطماطم والخضر

وكثير من الزهور والأشجار. ويمكن تقسيم الحشائش إلى ثلاثة أنواع الأولى قصيرة قد يكون ضررها بسيط والثانية طويلة تملو سطح المياه وهذه لا بد من قطعها وإزالتها والثالثة عروامة تتجمع فتعوق سير المياه مما يستدعى إزالتها أيضا.

أما المصارف المغطاة فلا بد من التأكد من حسن أدائها وظيفتها مما يستوجب تنفيذها بكل دقة، كما أن معظم أعمال صيانتها تتطلب فور انتهاء إنشائها إذ كثيرا ما تسد بحبيبات السلت والطين بمعدل سريع علاوة على انسدادها بمجذور النباتات مما يستلزم إزالتها بتغذية المصارف بالمياه تحت ضغط أو بالأسياخ الحديدية ذات الرؤوس المتقاطعة التي تدفع داخل المصارف لتسليكها أو غير ذلك من وسائل. وأحدث وسيلة لتسليك المصارف المغطاة هي باستعمال ماكينة خاصة تحتوي على جرار وطلبة ذات ضغط عال (حوالي ٢٠٠ متر) بمخرطوم خاص (hose) ينتهي برباز (nozzle) معين يعمل داخل المصارف مسيا تفكك المواد المسببة لانسدادها، ويخرج هذه المواد من مصبات المصارف، وتفتح الوصلات بين المواسير. وتسمى هذه الطريقة بالتنظيف باستعمال الضغط العالي (High pressure drain cleaner)، كما تشمل أعمال الصيانة بالنسبة للمصارف المغطاة إصلاح أى كسر في خطوط المصارف، وإصلاح الأعمال الصناعية اللازمة. وأما بالنسبة للأبار فأعمال الصيانة تحتاج إلى الكثير من الوقت والجهد، ويحتمل السيطرة على تشغيلها أتم ما يتكيا تلافا لآى ضرر وللحد من أعمال صيانتها.

أُسْئَلَةُ عَلَى الْبَابِ الثَّانِي

١ - ماهي العوامل الأساسية التي من أجلها يجري ص ف الأراضي الزراعية ؟

٢ - ماهي أسباب الصرف وأغراضه في كل من المناطق الآتية :

(أ) في المناطق الرطبة وتحت الرطبة ؟

(ب) في المناطق الجافة والنصف جافة تحت الاستصلاح ؟

(ج) في المناطق الجافة والنصف جافة التي تم استصلاحها ؟

٣ - أذكر الأضرار الناتجة من إرتفاع منسوب الماء الأرضي لكل من :

(أ) الإنسان .

(ب) الحيوانات والطيور .

(ج) الثبات .

(د) الحشرات .

(هـ) التربة (بنائها - تهويتها - حرارتها - تركيز الأملاح بها - أعمال

المبينة الزراعية)

٤ - ماذا يقصد بمباحث الصرف وماهي أول الخطوات لعمل هذه المباحث

الأولية لمشروع صرف ما ؟

٥ - ماذا يمكن تحديده بعد القيام باستطلاع الحقل من أجل إنشاء مشروع الصرف ؟

٦ - أذكر مشرة ملاحظات عامة يمكن الحكم منها على حالة الصرف بمساحة ما

أو يمكن بها معرفة بعض الصفات الهيدرولوجية لها .

٧ - أذكر المعلومات والبيانات الواجب جمعها أثناء عمل المباحث التحت سطحية

لمساحة يراد إنشاء مشروع صرف بها .

٨ - ماهى المسامية الصرفية وماهى المسك النوعى وهل هناك علاقة تربط بينهما؟
كيف تحدد المسامية الصرفية ؟

٩ - عرف الإنتاج النوعى وارسم العلاقة بينه وبين معامل التوصيل الهيدرولى

١٠ - ماهى مصادر المياه الزائدة المطلوب صرفها وماهى الدراسات الواجب عملها
من أجل تحديد كل منها ؟

١١ - اشرح الرسومات والمخرائط اللازمة لتحليل البيانات، الخاصة بدراسات المياه
الأرضية مستعينا بالرسم .

١٢ - وضع أنواع تقارب الرمد أو الملاحظة والفرق بينهما وطرق استعمالها .

١٣ - ماهى أنواع الصرف ؟ تحث يا بنماز عن كل نوع ؟

١٤ - ماهى الأهمال التى يمكن تنفيذها كوسيلة للصرف السطحي ؟

١٥ - فاضل بين وسائل الصرف السطحي المختلفة أيهم أحسن ولماذا ؟

١٦ - متى تستعمل المصاطب كوسيلة للصرف السطحي ومتى تستعمل المهود ؟
أكمل العبارات الآتية :-

١٧ - يفضل استعمال طريقة التقسيم إلى مهود كوسيلة للصرف السطحي فى الأراضى
التي يتراوح انحدار سطحها بين ، / بينما يفضل عمل مصاطب
للصرف إذا كان انحدار سطح الأرض أى حوالى /.

١٨ - خفض درجة الحرارة نتيجة سوء الصرف من تضرع النباتات و
..... من نشوء الجذور الشعرية كما فترة البياض أو الحكون علالة
على معدل نضج المحصول .

١٩ - أذكر أم المشكلات التي تعدد أنواع الصرف والمصارف .

٢٠ - ماهو تقسيم ريحز للبياء الارضية ؟

٢١ - أذكر ما تعرفه عن تقسيم ليدف للبياء الجوفية .

٢٢ - أذكر الفرق بين الماء الحر والماء الميجروسكوني.

٢٣ - وضع أنواع مياه الجاذبية الأرضية وأنواع المياه الشعرية .

٢٤ - ضع علامة ✓ أو ✕ أمام العبارات الآتية :-

(أ) مقدار الماء الميجروسكوني في الأراضي الرملية أكبر منه في الأراضي الطينية ،

(ب) ارتفاع الماء الشعري في الأراضي الرملية أصغر منه في الأراضي الطينية ،

(ج) يمكن التخلص من الماء الميجروسكوني بواسطة الصرف بصعوبة ،

(د) لا يمكن إزالة الماء الشعري بواسطة عملية الصرف و

(هـ) يفصل الماء القشري بسهولة عن حبيبات التربة الرملية بالصرف .

٢٥ - أكمل :- يصل تماسك الماء القشري أو الغلاف بحبيبات التربة لدرجة

لا يمكن فصله عنها بقوى تساوى

٢٦ - ماهي القوى المسببة لحركة المياه الأرضية في التربة ؟

٢٧ - أشرح مع الرسم القوى الكهرومغنيسية وتأثيرها .

٢٨ - ماذا يؤثر في المياه المعيقة في التربة ؟ وضع بمعادلة مقدار هذا التأثير .

٢٩ - كيف تتحرك المياه في التربة وتحت أي شروط يتم خروجها من التربة ؟

٣٠ - أشرح قانون دارسي مستعينا بالرسومات ومنى يكون تطبيقه صحيحا ؟

٣١ - متى يستعمل كل من قانون شيزي وقانون بروني وماهما ؟

٣٢ - عرف معامل التوصيل الهيدروليكي وأشرح العوامل التي يعتمد أو يتوقف عليها .

٣٣ - ما الفرق بين معامل التوصيل الهيدروليكي ومعامل النفاذية ؟

٣٤ - أشرح مستعينا بالرسم والمعادلات طرق إيجاد معامل التوصيل الهيدروليكي الآتية :

(أ) باستعمال جهاز قياس النفاذية « Field core permeameter » ،

(ب) طريقة حفرة البريمة ،

(ج) طريقة البيزومتر و

(د) في حالة حركة المياه خلال تربة غير مشبعة .

٣٥ - كيف يمكن قياس معدل صعود الماء في حفرة ما أثناء تحديد معامل التوصيل الهيدروليكي أو لرصد مناسيب المياه بها ؟

٣٦ - استنتج معامل التوصيل الهيدروليكي المركب الأفقي لمنطقة تتكون تربتها من ثلاث طبقات أفقية معاملات التوصيل الهيدروليكي المركب لكل منها K_1 ، K_2 ، K_3 ، على التوالي .

٣٧ - استنتج معامل التوصيل الهيدروليكي المركب الرأسى للمنطقة السابقة .

٣٨ - كيف تحدد الطبقة الصماء بالاستعانة بمعامل التوصيل الهيدروليكي ؟

٣٩ - أذكر معادلة لابلان في حالة ثلاثة أبعاد .

٤٠ - عرف معامل أو مقنن الصرف واشرح العوامل التي يتوقف عليها .

٤١ - قيم تستعمل معادلة مورينز وما أهميتها ؟

٤٢ - أكمل العبارات : - تتوقف نسبة معامل الصرف السطحي على معامل
الصرف الباطني على و و

٤٣ - معادلة التوازن المائي بمنطقة جندور الثبات لحقل مروي هي : -

$$..... + = + +$$

بينما معادلة التوازن الملحي هي : -

$$..... = +$$

بفرض أن مياه المطر والبحر صفر

٤٤ - معامل كفاءة الفسيل يعبر عن من المياه التي تمر بمنطقة جندور
الثبات .

٤٥ - استنتاج مياه الرش التي تساوي مياه الصرف لفترات زمنية طويلة مع
استعمال معادلات التوازن المائي والملحي وكذلك لفترات قصيرة .

٤٦ - أذكر العلاقة بين مياه الري أو المطر والبحر والتخلل والمياه المتبقية على
سطح الأرض وكيف تحدد منها مقنن الصرف السطحي .

٤٧ - كيف تحدد معامل التخلل بواسطة جهاز التخلل ؟ اشرح مستعينا
برسم ونمحن .

٤٨ - أكمل : - من أجل تشغيل وصيانة مشروع الصرف تسجل قراءات
يومية ل..... كما يسجل تركيز الأملاح ل..... و و

٤٩ - ما هي الشروط الواجب توافرها في مخرج مياه الصرف ؟ اشرح بإيجاز .

٥٠ - أكمل : - تستعمل المواد الكيماوية و لإزالة الحشائش غير
أنه يراعى

٥١ - العلاقة بين معامل التوصيل الهيدروليكي وبين معامل النفاذية

هي :

الباب الثالث

المصارف المكشوفة أو المفتوحة

Open Drains

تلقأ مشاكل الصرف السطحي من عدم قدرة المياه الزائدة على الحركة فوق سطح الأرض إلى مصب سطحي (Surface outlet) أو عدم قدرة هذه المياه على الحركة خلال قطاع التربة إلى مصب جوفي كما في الحالات الآتية :

١ - مساحات منبسطة تماماً حيث قطاع التربة ضحل أو تحت طبقات غير نفاذة ،

٢ - مساحات بها جيوب أو منخفضات ضحلة نشأت طبيعياً أو صناعياً حيث تراكم المياه بها ،

٣ - مساحات منبسطة أو مصاطب معرضة للجريان السطحي من مساحات عالية مجاورة ،

٤ - مساحات معرضة لامتصاص المياه من أنهار أو مصادر أخرى للياه و

٥ - مساحات معرضة للغمر من فعل المد والجزر .

ولذا فإن الصرف السطحي يستوجب إستيفاء غرضين أولهما إزالة العوامل

المسببة للمشكلة والثاني إنشاء نظام لنقل حدوث المشكلة في المستقبل

تقسيم المصارف المكشوفة بالنسبة لأحجائها :

في هذا التقسيم :

(أ) مصارف عقلية : وهي التي تقوم باستقبال مياه الصرف مباشرة في الحقل
من التربة ثم تناقى بمياهها في المصارف العامة و

(ب) مصارف عامة : والمفروض أنها لا تستقبل مياه الصرف من التربة
بمباشرة فقط ، بل تستقبلها من المصارف الحقلية ثم تقوم بتجميعها وحملها إلى
المصب . وهي عبارة عن المصارف العمومية والرئيسية والفرعية ومصارف
الدرجة الأولى والثانية. وقد بلغ ما أنشئ منها في ج.ع م حتى عام ١٩٦٤ حوالي
١٠٠٠٠٠ كلومتر طولي في الوجه البحرى، بينما بلغ ما أنشئ في الوجه القبلى
حوالى ٦٠٠٠٠ كلومتر طولى .

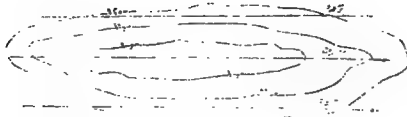
تخطيط المصارف :

من أجا تخطيط المصارف المكشوفة تعمل بهزانية شبكية للمساحة المراد
إنشاء المصارف بها حتى يمكن بالتالى عمل الخرائط الكنتورية ، ثم يتم تخطيط
المصارف المكشوفة في الأماكن المنخفضة بصفة عامة مع تعديل التخطيط لعمل
المصارف بحيث تسير في خطوط مستقيمة بقدر المستطاع .

ويتم تخطيط المصارف أحد الحالات الآتية :

(١) في حالة الأراضي المنخفضة : (أنظر شكل ٤٢) .

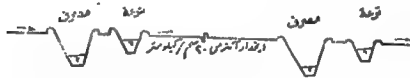
ويلاحظ بشكل ٤٢ أن المصريف وضع في أوطى جزء من المساحة وهو
مبين بالشكل بنقط . تقطع كما يلاحظ أن الترعتين قد وضعتا في الجانبين المرتفعين
من المنطقة .



شكل ٤: تخطيط المصارف المكشوفة بمنطقة متدرجة .

ب - في حالة لرى متعددة باقتران في اتجاه واحد :

(١) إذا كان الانحدار كبيراً (أى أكبر من ١٥ - ٢٠ سم في الكيلومتر) مما قد يكلف مبالغ طائلة إذا أجريت أعمال التوسية لخفض مقدار الانحدار :
ويقع في هذه الحالة طريقة لرى والصرف من جانب واحد أى أن لرى الاراضى يكون من جانب واحد فقط كما هو مبين بشكل ٤ . وكذلك يكون صرف هذه الاراضى من جانب واحد ، ويلاحظ أن مياه الرشع من الترع تصل إلى المصارف من الجانب المجاور للصرف .



شكل ٤: تخطيط المصارف بمنطقة ذات انحدار شديد

(٢) الانحدار بسيط (أقل من ١٥ سم للكيلومتر) :

وهنا يمكن لإجراء أعمال التوسية بتكاليف بسيطة حتى يتجه الانحدار الاتجاه المطلوب . ويقع في مثل هذه الحالة طريقة لرى والصرف من الجانبين قترى الاراضى من الترع على جانبيها كما هو مبين بشكل ٤ . ويوضع الصرف في منتصف المسافة بين الترعين تقريباً كي يتلقى مياه الصرف من جانبيه .



شكل ٤٤ : تخطيط المصارف بمنطقة ذات الانحدار بسيط

ملحوظة : الانحدار الطولي لأراضي وادي النيل حوالى ٩ سم للكيلومتر بينما يتراوح الانحدار المرحلى بين ٥ سم و ٢٠ سم للكيلومتر.

ج- اولى مناطق الاستصلاح (أنظر شكل ٤٥، ٤٦) :

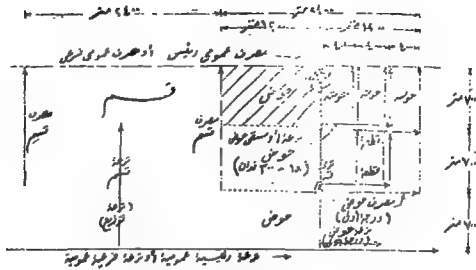
يتبع بصفة عامة التخطيط الآتى ما عدا فى بعض الحالات الخاصة :

(١) يقسم المشروع إلى ترعة ومصارف عامة قد يبلغ زمام كل منها ٢٠٠,٠٠٠ فدان ويسمى مصرف رئيسى عموى ويستقبل مياهه من المصارف العامة الفرعية وهى ذات درجات أولى وثانية حسب زمام كل منها وكثيراً ما تسمى المصارف العامة الفرعية من الدرجة الأولى إذا بلغ زمامها من ١٠,٠٠٠ إلى ٢٠,٠٠٠ فدان وتسمى المصارف العامة الفرعية من الدرجة الثانية إذا بلغ زمامها ٥٠٠ فدان حتى أقل من ١٠٠,٠٠٠ فدان ،

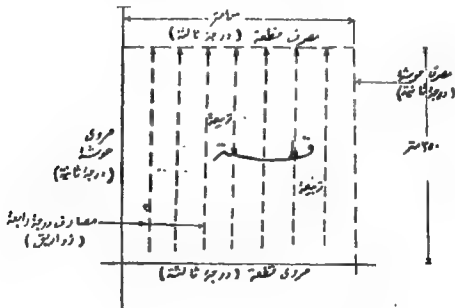
(٢) تقسم المساحة بين كل ترعة ومصرف عموى بجفر ترع ومصارف إلى أقسام بحيث تكون المسافة بين كل مصرفين أو ترعتين متواليتين من ٢ إلى ٣ كيلومتر حيث تسمى المساحة المحصورة وقسم، الذى تصل مساحته من ١٠٠٠ إلى ٢٥٠٠ فدان ،

(٣) تقسم الأقسام بمراوى ومصارف أخرى إلى أحواض، مساحة كل منها ٢٠٠ فدان وقد تزيد المساحة إلى ٨٠٠ فدان ،

(٤) تقسم الأحواض إلى دحوش، مساحة كل منها من ٢٠ إلى ٨٠ فدان.



شكل ۴۵ : تخطيط شبكة الري والصرف داخل الأقسام



شكل ۴۶ : بين قطعه مقسمة الى ۴ ترايع، وبها مصارف
الدرجة الرابعة (الوارث)

ويراعى أن تحاط كل حوشة بالطرق اللازمة لحسن الإشراف عليها وتفسل
الحاصلات الزراعية وغير ذلك ،

٥) تقسم الحوش إلى (قطع) بواسطة مراوى ومصارف (درجة ثالثة)
وتبلغ مساحة كل قطعة من ٥ إلى ٤٠ فدان ،

٦) في حالة الأرض المعبية والقلوية تشأ مصارف حقلية (درجة رابعة)
تسمى « زواريق » لمعالجة مشاكل الملوحة وقلوية وقد نسل المسافة بين هذه
المصارف من ١٠ - ٥٠ متر كما هو واضح يشكل ٤٦ .

ويراعى في تخطيط جميع المصارف ما سبق ذكره سواء كان الانحدار عندبدأ
أو بسيطاً . وقد تختلف التسميات عما ذكر عاليه ولكن الغرض هنا إعطاء فكرة
عامة عن التخطيط فقد يشمل تقسيم الأراضى التى تقسم إلى أجزاء بدلاً من
« الحوش » ثم تقسم الأجزاء إلى قطع ثم إلى تربييع وهكذا .

وتشمل المنافع العمومية أى الطرق والأزرق والمصارف المكشوفة بأنواعها
من ٥ إلى ٢٥ / من مساحة الأرض الكلية ، وهى نسبة كبيرة بدون شك
ويتكاث إنشاء شبكة الصرف في مصر حوالى ٢٠ جنبها للفدان الواحدة .

وبصفة عامة فإن تخطيط وتحديد مواقع المصارف يراعى فيه الآتى :

١ - وضع المصارف في حدود للملكيات القرعية ما أمكن للحصول على أكبر
كفاءة لحجم وشكل المزرعة علاوة على تسهيل عمليات الميكنة الزراعية ،

٢ - وضع المصارف في الأماكن ذات المناسيب المنخفضة للإقلال من
تكاليف الحفر .

٣ - حفر المصارف في مواسم زراعية مناسبة لخفض الضرر بالنسبة
للمحاصيل الزراعية ،

٤ - إنشاء المصارف بأقصر طول ممكن يجعلها مستقيمة ولذا يجب مراعاة ذلك لتخفيض نفقات إنشائها ،

٥ - توضع المصارف في الأماكن حيث التربة غير معرضة للتساقط وحتى تكون الميول الجانبية مناسبة ،

٦ - يتم إطالة المصارف الرئيسية العمومية كثيراً مما يتسبب عنه صعوبة تطهيرها وارتفاع منسوب الماء بها وضياع جزء كبير من المياه قد يمكن استخدامه في الري ، وبمجرد ألا يزيد طول المصرف العمومي عن ٣٠ كيلو متر وأن يتشأن نهاية كل مرحلة منه طلبات كافية لرفع مياه الصرف إلى الترع أو إلى النهر للاستفادة بها في الري إذا سمحت خواص المياه بذلك بعد خلطها .

٧ - إذا زاد التصريف عن ٥ : قدم مكعب / ثانية يجب عمل منحنى بقطر كاف عند إنشاء المصرف الأكبر منه حجماً حتى يمكن لخطوط مسار المياه أن تتوازي ويفضل اتباع ذلك أيضاً للمصارف المكشوفة الأقل حجماً لتحسين صفات مريان المياه وتقليل تكاليف الصيانة ،

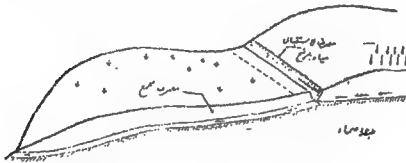
٨ - لسفوف الوديان والأراضي الناتجة من تيجيف التيارات تحاط بالمساحة بالمعارف المناسبة بعد تحديد المصب أو المخرج المناسب لرفع المياه عنده إلى خارج المساحة و .

٩ - قد يضطر لتحسين نظام الصرف في المساحات التي تتمسك المياه فوقها (Potholes) لإنهاء التربة بالكدمات (Chemical corrosion) أو إلى زراعة (Sod cover) أو استعمال العلاج السطحي (Surface treatment) لمنع انحداد الطبقة السطحية (Sealing) وذلك من أجل تحسين

بناء التربة، كما أنه يحسن عمل الانحدارات مناسبة لسطح الأرض وتثبيتها جيداً .

د - مناطق يزيد فيها عرش نتيجة وجود طبقة صماء تحت التربة :

في مثل هذه المناطق تظهر مياه الرش (seepage water) في مساحات متفرقة واطئة حيث يحاورها مناطق مرتفعة تخترق طبقاتها المياه ثم تسير قرب السطح في اتجاه الانحدار نتيجة تشبع طبقات التربة المختلفة بالمياه، ونتيجة وجود طبقة صماء أسفل هذه الطبقات كما يظهر بشكل ٤٧ وتوضع المصارف وتسمى



شكل ٤٧ قطاع في الأراضي الواطئة بين مصرف لاستقبال مياه الرش وآخر يجمع.

مصارف راحة (seepage drains) في هذه الحالة لتجميع مياه الرش فوق الطبقة الصماء قبل ظهور هذه المياه على سطح الأرض، وتصب هذه المصارف في مصارف أكبر حجماً حيث تنقلها بعيداً عن المنطقة، وتنشأ هذه المصارف منضحة العمق متسعة القاع، كما أن ناتج الحفر من الآتربة يلقي في الجوانب الواطئة فقط بما يزيد من سعة المصرف وقدرته، ويتبع مثل هذه المصارف خطوط الكنتور، كما إن انحدار القاع يكون عادة أقل من الانحدارات المتبعة في المصارف ذات الحجم المائل ويحسب يكون هذا الانحدار كاف لتخليقه ذاتياً . وفي الحالات التي

تصغر فيها المساحات الواطئة بالنسبة إلى المساحات المرتفعة، التي تسبب زيادة كبيرة في كميات مياه الرشح والمياه السطحية والمياه الأرضية المطلوب إزالتها . مما يستدعى مصارف كبيرة الحجم لا تناسب مع صغر المساحات الواطئة . يلجأ إلى حل معروف مغفل للتخلص من المياه الأرضية وآخر مساعد له مكشوف للتخلص من المياه السطحية ويسمى معرف مساعد (Auxiliary drain)، حتى لا يمتلئ المصارف المغطاة فوق طاقتها، وللساعدة على الصرف السطحي بسرعة وعدم فيضان الماء في المساحة الواطئة، ونحفر هذه المصارف مادة على شكل (V)، ولا لزوم عادة لتعميقها إلا بالقدر الذي يسمح بحركة المياه داخلها حيث أنها تعمل فترات قصيرة من السنة، وتوزع نواتج الحفر كطبقة رقيقة على المساحة المجاورة حتى يمكن الاستفادة بالمساحات التي تشغلها الجسور ولتفادي منظرها القبيح . ويمكن صرف أي عدد من المنخفضات يمثل هذه المصارف مع وصلها ببعضها وتعميقها كلها اتجهت إلى المصب . ويلجأ في الظروف التي يصعب معها تجميع مياه الصرف وتوصيلها إلى المصارف العمومية إلى إنشاء ما يعرف بالمصارف الصغيرة وهي مجاري مائية تتلقى مياه الصرف حيث تفقدها بالبحر .

٥ - تخطيط المنحنيات :

يشمل تخطيط المصارف تصميم الأجزاء المستقيمة منها، ولكن حيث يتحتم تغيير استقامتها فلا بد من منحنيات مناسبة لمنع حدوث أي ضرر . ويعتمد قطر المنحنى على سرعة المياه بالصرف وعلى ثبات جوانبه . وحيث لا يمكن تفادي الضرر فلا بد من خفض سرعة المياه بزيادة عرض القناة أو تغيير ميول الجوانب أو عمل التكميات اللازمة

وتعمل عادة زاوية الانحناء التي تحصر وترأ طولها ١٠٠ قدم من ٤ درجات

للمصارف ذات التصرف الكبير أو للمصارف ذات الميول الجائنية الواقفه . الى
 ٢٠ درجة المصارف صغيرة التصرف أو منبسطة الميول الجائنية ولذلك يجب
 الا تقل الواحدة عند اتصال مصرف مع آخر عن حوالى ٣٠ درجة للمصارف
 كبيرة الحجم .

تحديد المسافات بين المصارف المكشوفة

تعتمد المسافات بين المصارف وعقبا على عوامل عدة أهمها :

- ١ - نوع التربة وصفاتها النافقة للمياه ،
- ٢ - العمق المطلوب بين سطح الأرض والمياه الأرضية والذي يعتمد بالتالى
 على أنواع المحاصيل الزراعية ،
- ٣ - العوامل الهيدرولوجية والجوية و
- ٤ - كمية المياه المراد إذالتها وتعتمد على طرق ونظم الري وبرامجه .

نظرية ديپوي فورشمير (Dupuit Forchheimer) وفالون دولان (Donnan) :

(أو مادة هوخ أدت الأولى Hooghoudt) .

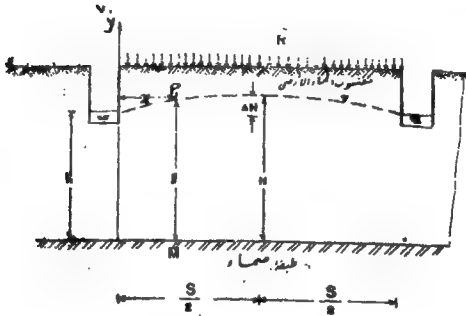
إذا فرض أن :

R : ارتفاع مياه الري أو الأمطار منتظمة الطول والمطلوب التخلص منها،

K : معامل التوصيل الهيدروليكي بفرض أن التربة متجانسة وتعلو
 طبقة مياه .

S : المسافة بين مصرفين أو زاروقين ،

H : مستوى سطح المياه الأرضية فوق سطح الطبقة الصماء عند منتصف المسافة بين مصرفين ،
 h : ارتفاع منسوب المياه في المصرف فوق سطح الطبقة الصماء ،



شكل ٨ : مصرفين مكشوفين مطلوب إيجاد المسافة بينهما (S) .

S : الإحداثي السين لنقطة ما (P) مثلا على سطح الماء الأرضي و
 y : الإحداثي الصادي لنقطة (P) مثلا لأي نقطة على سطح الماء الأرضي .
 اعتبر ديموى فورشيهر أن :

١ - الميل الهيدروليكي ثابتا على طول القطاع أو الشريحة (P) المينة بشكل
 $\Delta ٨$ ويساوي $(\frac{dy}{dx})$ أي أن سرعة المياه التي تتحرك هذه الشريحة واحدة .
 تناسب مع الميل الهيدروليكي ولا تعتمد على العمق و

٢ - المياه تسير في خطوط أفقية تقريبا وبالتالي فإن مستوى الماء الأرضي

أحرء أفنى أى أن خطوط سير حركة الماء أفقية وبالتالي خطوط الضغط الهيدرومترية المتساوية تكون رأسية . ويمكن استخدام هذا الفرض فقط إذا وجدت الطبقة الصماء على أعماق قريبة من سطح الأرض حيث تصبح معادلات منحى المساء الأرضي بين المصارف على هيئة قطع ناقص .
وبتطبيق قانون دارسي :

$$v = K \cdot i = K \cdot \frac{dx}{dy} \quad \dots[1]$$

وبالتالى فإن كمية المياه للوحدة الطولية من المصرف التى تمر من المستوى الرأسى (PM) فى الثانية تساوى (Q) كالآتى :

$$Q = K \cdot \frac{dy}{dx} \cdot y \quad \dots[2]$$

ولكن هذه الكمية من المياه هى نفس كمية المياه التى تنزل على سطح الأرض فى المسافة ما بين الشريحة (PM) ومتصف المسافة بين المصرفين أى أن :

$$Q = \left(\frac{S}{2} - x \right) R \quad \dots[3]$$

ومن المعادلتين ٢ ، ٢ :

$$Q = K \cdot \frac{dy}{dx} \cdot y = \left(\frac{S}{2} - x \right) R$$

ومنهما

$$K \cdot y \cdot dy = R \left(\frac{S}{2} - x \right) dx \quad \dots[4]$$

وبإجراء التكامل :

$$K \cdot \frac{y^2}{2} = R \left(\frac{S}{2} x - \frac{x^2}{2} \right) + \text{constant} \quad \dots[6]$$

ولاحصول على مقدار الثابت في المعادلة (٥) نضع $y = h$ إذا كانت $x = 0$ أى أن :

$$K \frac{h^2}{2} = 0 + \text{constant} \quad \dots[6]$$

وبذلك يمكن كتابة المعادلة (٥) كالآتي :

$$K \frac{y^2}{2} = R \left(\frac{S}{2} x - \frac{x^2}{2} \right) + K \frac{h^2}{2} \quad \dots[7]$$

والمعادلة v تعطى المسافة (y) التي يمكن بها تحديد منسوب الماء الأرضي لأي نقطة على منسوب سطح الماء الأرضي تبعد x عن الإحداثي الرأسى وهو جانب المصرف كما هو واضح من شكل ٤٨ .

والحصول على المسافة بين المصرفين يمكن التمييز و المعادلة v بوضع

$$y = h \text{ إذا كانت } x = \frac{S}{2} \text{ كالآتي :}$$

$$\begin{aligned} K \frac{H^2}{2} &= R \left(\frac{S}{2} \cdot \frac{S}{2} - \frac{(S/2)^2}{2} \right) + K \frac{h^2}{2} \\ &= R \left(\frac{S^2}{4} - \frac{S^2}{8} \right) + K \frac{h^2}{2} \\ &= R \frac{S^2}{8} + K \frac{h^2}{2} \end{aligned}$$

ومن هنا

$$R \frac{S^2}{8} = \frac{K}{2} (H^2 - h^2)$$

أو

$$R \frac{S^2}{4} = K(H^2 - h^2)$$

$$S^2 = \frac{4K}{R} (H^2 - h^2) \quad \dots[8]$$

$$S = 2 (K/R)^{1/2} (H^2 - h^2)^{1/2} \quad \dots[9]$$

وبذلك فإن المسافة بين المصرف (S) يمكن حسابها من المعادلة رقم ٩ المعروفة بقانون دوران والتي يلزم حلها معرفة كل من (K)، (R)، (H)، (h) وتعرف أحيانا بمعادلة هوخ أرت الأولى وهي معادلة قطع ناقص وتعطى نتائج مقبولة كلما قل عمق الطبقة الصماء.

ونظرة إلى هذه المعادلة تبين أن البعد بين المصارف يتناسب طرديا مع الجذر التربيعي لمعامل التوصيل الهيدروليكي بمعنى أن أى فروق في قياس مقدار معامل التوصيل الهيدروليكي بما قيمته $\pm 50\%$ تحدث تغييرا في تصميم المسافات بين المصارف يعادل $\pm 20\%$ مما يؤكد تحديد مسافات مناسبة كذلك فإن البعد بين المصارف يتناسب عكسيا مع الجذر التربيعي لكمية مياه الري أو الانطار الزائدة المطلوب التخلص منها.

ويمكن كتابة المعادلة ٨ على صورة أخرى كالآتي :

$$S^2 = \frac{4K}{R} (H + h) (H - h) \quad \dots[8']$$

وعلى فرض أن :

$$H = h + \Delta H$$

وبذلك تصبح المعادلة ٨ :

$$S^3 = \frac{4K}{R} (2h + \Delta H) \Delta H$$

$$= \frac{8Kh \Delta H}{R} + \frac{4K (\Delta H)^3}{R} \quad \dots[10]$$

فإذا كان فرق منسوب المياه الأرضية وسط المصرفين (ΔH) صغيرا بالنسبة للعمق h أمكن إهمال الجزء الأخير من المعادلة ١٠ وبذلك تصبح المسافة (S) كالآتي :

$$S = (8Kh \Delta h/R)^{1/3} \quad \dots[11]$$

أما إذا كان المقدار (h) صغيرا إذا قورن بالمقدار (ΔH) فإنه يمكن إهمال الجزء الأول من المعادلة ١٠ فصبح المسافة (S) كالآتي .

$$S = 2 \left(\frac{K}{R} \right)^{1/3} \Delta H \quad \dots[12]$$

وصفة عامة فإن المعادلات السابقة صحيحة ويمكن تطبيقها عمليا في الحقل طالما أن حركة المياه إلى المصارف أفقية خلال التربة أو طالما أن ΔH أصغر من (h) وطالما (h) أصغر كثيرا من (S) المسافة بين المصرفين .

ويلاحظ أن زيادة عمق المصارف المكشوفة (أو المغطاة) عن سطح الأرض بمقدار معين مع حفظ المسافات بينها ثابتة فون تغيير لا يؤدي إلى انخفاض مقدار قة سطح المياه الأرضية بنفس المقدار بعد الزى بوقت محدد . كما يلاحظ أيضا أن معدل تصرف مياه الصرف الواردة إلى المصارف يزيد زيادة عمقها أى بعددنا عن سطح الأرض وكذلك زيادة المسافة بينها

والجدول الآتي رقم ١٣ يبين العلاقة التي تربط البعد بين المصارف وبين معامل التوصيل الهيدروليكي إذا انشئت هذه المصارف على أعماق ٣ أو ٤ أو ٥ قدم على التوالي :

معامل التوصيل الهيدروليكي (K) بوصة / ساعة	المسافات بين المصارف بالقدم إذا كان عمقها :		
	٣ قدم	٤ قدم	٥ قدم
صفر - ٠,٥٥	صفر - ١٥	صفر - ٢٠	صفر - ٢٥
٠,٢٠ - ٠,٥٥	٢٠ - ٦٥	٢٠ - ٤٠	٢٥ - ٥٠
٠,٢٠ - ٠,٨٠	٦٠ - ١١٠	٤٠ - ٨٠	٥٠ - ١٠٠
٠,٨٠ - ٢,٥٠	١١٠ - ١٥٥	٨٠ - ١٤٥	١٠٠ - ٢٥٥
٢,٥٠ - ٥,٠٠	١٥٥ - ٢٢٠	١٤٥ - ٢٩٠	٢٥٥ - ٣٦٠

جدول ١٣: تحديد المسافة بين المصارف لقيم مختلفة لمعامل التوصيل الهيدروليكي
ولأعماق ٣ ، ٤ ، ٥ قدم (حسب بواسطة سلاتر 1950) (Slater , 1950)

وواضح من الجدول أنه كلما زاد عمق المصارف كلما زادت المسافة بينها . أما
البيدات (H) ، (h) وهما بعد منسوب المياه بالمصرف وبعد منسوب الماء
الأرضي فتتصف المسافة بين المصارف عن الطبقة الصماء فيتوقفان على عمق الطبقة
الصماء من سطح الأرض وعلى أعماق المصارف .

من ناحية التغذية النبات ولذلك يمكن القول بصفة عامة أن معظم النباتات تخرق جذورها عمقاً فعالاً يتراوح بين ١٢٠ - ١٨٠ سم، وهذه هي المنطقة التي يجب العناية بصرفها جيداً وفي المتوسط حوالي ١٥٠ سم .

ويوصى كثير من باحثي وزارة الزراعة العربية في مصر وغيرهم من العاملين في هذا التخصص بأن أقل مستوى ماء أرضي لازم لنمو المحاصيل المحلية هو :

٩٠ سم في شمال الدلتا النيل ،

١١٠ سم في وسط الدلتا و

١٢٥ سم في جنوب الدلتا ومصر الوسطى .

وكثيراً ما تتجه النباتات السطحية الجذور مثل التجمليات والخضر في الأراضي ذات المستوى العالي للبناء الأرضي بعكس النباتات ذات الجذور العميقة

وبصفة عامة يجب إجراء تجارب على نطاق واسع لتحديد العوامل التي تؤثر على عمق الصرف سواء كانت هذه العوامل نتيجة لنوع التربة أو لنوع النبات .

نتائج عامة لبعض التجارب :

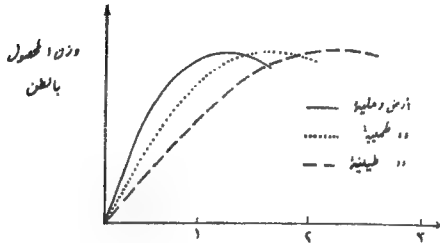
قامت وزارة الري ووزارة الزراعة العربية وبعض المؤسسات والهيئات الأخرى بكثير من التجارب أثبتت فيها ما يأتي :

١ - ارتفاع المياه الأرضية قبل إنشاء السد العالي هدد فيضان النيل - يجب تقصا واضحا في الحصول ،

٢ - إذا زاد عمق الصرف إلى مترين بدلا من متر واحد يزيد المحصول بنسبة تتراوح من ٥٠ إلى ٧٥ ٪ ،

٣ - هناك حد أقصى لعمق المصارف أو مياه الصرف عن سطح أرض الزراعة

الحصول على أحسن محصول . ولو زاد العمق عن هذا الحد فلا زيادة تحدث
الحصول كما هو واضح من شكل ٤٩ :



عمق منسوب الماء، الأرض من سطح الأرض - متر

شكل ٤٩ : العلاقة بين عمق المياه الأرضية والمحصول .

٤ - التربة الرملية تحتاج الى مصارف عمقا أقل من في التربة الطينية وهذه
تحتاج الى عمق أقل منه في التربة الطينية ،

٥ - قد يموت النبات في الأراضي الرملية إذا زاد عمق الصرف كثيرا لتعرب
مياه الري بسرعة ولعدم احتفاظ التربة بالرطوبة الكافية لئلا النبات ،

٦ - الخاصة الشعرية في التربة الطينية أكبر منها في التربة الرملية وعلى ذلك
يجب أن يكون عمق الصرف في الأولى أكبر منه في الثانية لمنع ارتفاع الأملاح
للذابة في المياه الأرضية إلى سطح الأرض ،

٧ - أثبت التجارب في المناطق بمحسوب الدلتا أنه يمكن الحصول على أجود
محصول للقطن إذا عمقت المصارف إلى ٢ متر تقريبا ،

٨- في المناطق قرب البحر الأبيض المتوسط بالدلتا يمكن الحصول على أجود محصول القطن إذا عمقت المصارف حتى ١٠٢٥ - ١,٥٠ متر تقريبا ،

٩- في المناطق الرطبة نسبيا من ج.ع م حيث يتأخر تصحج القطن ، يؤثر خفض منسوب المياه الأرضية بسبب زيادة عمق المصارف على طول فترة النمو الخضري ، مما ينشأ عنه عدم تصحج جزء كبير من اللوز قبل حلول الشتاء ،

١٠- عمق المصرف يعتمد على نوع التربة والنبات ، كما يعتمد على البيئة الجرية المطلوبة للنبات ، علاوة على اقتصاديات شبكة الصرف ،

١١- أجرى فوخ أوت (١٩٥٠) بعض التجارب على أثر الصرف على المحصول فوجد أن الأراضي السوداء التي تحتفظ بمستوى المياه الأرضية بها على عمق بين ١,٢٥ ، ١,٥٠ متر غلّت أعلى محصول

١٢- قرر نيكلسن وفيرث (Nicholson and Firth, 1958) أن أعماق المناسب لمنسوب المياه الأرضية هو ٢٠ - ٢٥ بوصة في أراضي البيت (Peat) المحاصيل المختلفة غير ، أنه بالنسبة للبطاطس والكرفس فإن أفضل عمق هو ٢٤ بوصة فقط .

ويقصد بعمق متعلقة الجذور العمق الذي فوقه لا يجب للسماء الأرضي أن يتذبذب ، ويعتبر عادة مساويا للمسافة بين سطح الأرض وبين سطح الماء الأرضي في منتصف المسافة بين المصارف بعد ٨ ، ساعة من الري مباشرة . ويحدد عمق المصارف بعد تحديد منسوب المياه بها الذي يعتمد بالتالي على العمق المتوسط لمنسوب المياه الأرضية أثناء الدور الهام لنمو النبات . فإذا احتاج محصول ما إلى عمق معين فوق منسوب المياه الأرضية فإن المقصود بذلك هو حاجة هذا المحصول

لهذا العمق أثناء أمم فترة في نمووه والتي تعتمد بالتالى على عمق جذوره خلال هذه الفترة .

ويوصى المثيرون بأنه فى الأراضى الى تحتوى على بعض الاملاح وذات الطقس البارد نسبيا ، Relatively cool climate ، وحيث تحتوى مياه الرى من الاملاح قليل فإن عمق منطقة الجسذور من ٩٠ - ٩٠ سم يكون كافيا بينا للأراضى بالمناطق الجافة تحت الرى وحيث الملوحة تعتبر من المشاكل الهامة فلا يجب أن يقل هذا العمق عن ١٢٠ سم.

وقد رأيت وزارة الرى العربية أن تتخذ الأعمال الترابية لحفر المصارف على أساس عمق الصرف مترين على أن تتخذ الأعمال الصناعية على أساس عمق ٢,٥٠ متر لإمكان تعديل عمق الصرف إلى ٢,٥٠ مستقبلا إذا لزم الأمر وذلك بالنسبة للمصارف الرئيسية ، أما بالنسبة للمصارف الفرعية فتتخذ أعمال الحفر على أساس عمق الصرف ١,٥٠ متر ، بينما تتخذ الأعمال الصناعية على أساس عمق ٢ متر لإمكان سهولة تعديل العمق إلى ٢ متر إذا لزم الأمر مستقبلا .

والجدول ١٤ يبين الأعماق المقصدة بين المصارف لأنواع مختلفة من التربة .

الاعدادات القاع في المصارف :

يحدد انحدار القاع طبوغرافية وانحدار سطح الأرض بصفة عامة ويمكن تقسيم أنواع الانحدارات كالآتي :

١- انحدار سطح الأرض من ٥ - ٢٠ سم / كيلو متر طول :

يبين شكل ٥ الانحدارات المقترحة لقاع المصارف بأنواعها من أقلها حجما وهي مصارف الدرجة الرابعة حتى المصارف الرئيسية العمومية . ويلاحظ - د

قوام التربة	المسافة بين		
	عق فاع الصرف	بالقدم	المصارف بالقدم
رمل	طين	سلي	رمل
Sand	صفر - ٢٠	صفر - ٢٠	٨٠ - ١٠٠
	{ ٤ - ٣ ٣ - ٢	{ ٤ - ٣ ٣ - ٢	{ ٣٠٠ - ١٥٠ ١٥٠ - ١٠٠
Sandy leau	طين رمل	صفر - ٥٠	٨٠ - ١٠٠
	{ ٤ - ٣ ٣ - ٢	{ ٤ - ٣ ٣ - ٢	{ ١٥٠ - ١٠٠ ١٠٠ - ٨٥
Loam	طين	صفر - ٢٠	٢٠ - ٥٠
	{ ٤ - ٣ ٣ - ٢	{ ٤ - ٣ ٣ - ٢	{ ١٠٠ - ٨٥ ٨٥ - ٧٥
Silt loam	طين سلي	صفر - ١٠٠	٥٠ - ١٠٠
	{ ٤ - ٣ ٣ - ٢	{ ٤ - ٣ ٣ - ٢	{ ٨٥ - ٧٥ ٧٥ - ٦٥
Sandy clay loam	طين طين رمل	صفر - ٢٠	٥٠ - ٨٠
	{ ٤ - ٣ ٣ - ٢	{ ٤ - ٣ ٣ - ٢	{ ٧٥ - ٦٥ ٦٥ - ٥٥

Clay loam	طيني طين	٢٠ - ٧٠	٥٥ - ٧٠	٥ - ٧٠	{ ٤ - ٣ ٣ - ٢	{ ٦٥ - ٥٥ ٥٥ - ٤٥
Silty clay loam	طيني طين سلق	٢٠ - ٧٠	٨٠ - ٥٠	٣٠ - صفر	{ ٤ - ٣ ٣ - ٢	{ ٥٥ - ٤٥ ٤٥ - ٣٥
Sandy clay	طيني رمل	٥٠ - ٢٠	٧٠ - صفر	٧٠ - ٥٠	{ ٤ - ٣ ٣ - ٢	{ ٤٥ - ٣٥ ٣٥ - ٢٥
Silty clay	طيني سلق	٥٠ - ٢٠	٧٠ - ٥٠	٧٠ - صفر	{ ٤ - ٣ ٣ - ٢	{ ٤٥ - ٣٥ ٣٥ - ٢٥
Clay	طين	١٠٠ - ٢٠	٥٥ - صفر	٢٠ - صفر	{ ٤ - ٣ ٣ - ٢	{ ٣٥ - ٢٥ ٢٥ - ١٥

جدول ١٤ : أحمال ومسافات المضاريف في أنواع مختلفة من التربة.

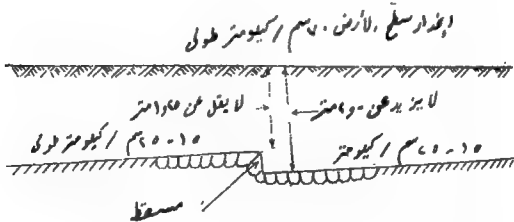
سقوط عند نهاية كل نوع ومصبه في المصرف الأكبر منه حجما . كما يلاحظ أن
مقياس الرسم يختلف في الاتجاه الأفقي منه في الانحسار الرأسى لإمكان شمول
انحدارات المصارف بأنواعها ورسومها بشكل واحد مبسط .

ب - انحدار سطح الأرض بسيط أو الأرض شبه مستوية السطح :

قد يقل عمق المصارف الرئيسية العمومية عند بدايتها إلى ١,٢٥ متر بدلا من
١,٥٠ متر مع احتمال أقل مدى للانحدارات في المصارف الأصغر حجما
والهيئة بشكل ٥٠ .

٥ - انحدار سطح الأرض أكبر من ٢٠ سم / كيلومتر :

في المناطق التي يزيد فيها انحدار سطح الأرض عن ٢٠ سم / كيلومتر كالغنيوم
وبعض مناطق الساحل الشمالى الغربى بالجمهورية العربية المتحدة حيث يزيد
الانحدار كثيرا تعمل الانحدارات كما هو في شكل ٥١ :



شكل ٥١ : انحدار القاع لمصرف حيث سطح الأرض انحدارها ٢٠ سم / كيلومتر طولى .

د - قواعد عامة :

لتحديد انحدارات القاع في المصارف بحسب اتباع القواعد الآتية :

١ - إعطاء أكبر انحدار ممكن لتفادي نمو الحشائش حتى لو أدى الأمر إلى رفع مياه الصرف باستعمال الطلليات ،

٢ - يجب أن يقل انحدار القاع كلما زاد المصرف حجما حتى تكون السرعة متماثلة بطول المصرف ،

٣ - يحدد مقدار السقوط (Drop) بين مصب المصرف أو لقائه مع المصرف الذى يكبره حجما بحوالى ٥ - ١٠ سم وذلك لجميع المصارف حتى الدرجة الأولى أما بين مصارف الدرجة الأولى والمصارف الأكبر حجما فقد يزيد هذا السقوط إلى ٥٥ سم مع مراعاة سهولة الصرف وتفادى نحر القاع والجوانب بما قد يضطر معه لإجراء بعض التكسيات أو الاحتياطات الوقائية ،

٤ - غير مسموح للمياه السطحية بالدخول منسابة على جوانب المصرف إلى مصرف أكبر حجما أو مساوية له في الحجم إذ يجب عمل التكسيات اللازمة (أو ما يسمى Spoil banks) حيث تصب مواسير الصرف ،

٥ - يحسن عمل أى تغيير مفاجئ في العمق أو في عرض القاع في مسافة لا تقل عن ٣٠ متر مع عمل انحدار بسيط يتكفى لعدم نحر القاع ويحسن تغيير إما عرض القاع وإما عمقه إلا إذا اضطر لتغيير الإثنين معا و

٦ - عند اتصال مصرف بآخر أكبر حجما لابد أن يكون منسوب قاعهما واحدا مما يستلزم أحيانا عمل انحدار مناسب لقاع المصرف الأصغر والذى قد يكون قاعه أعلى من قاع المصرف الأكبر .

الميرل الجائبة :

تعتمد الميرل الجائبة على :

١ - بناء وقوام التربة وطبقاتها التى يخترقها قطاع المصرف ،

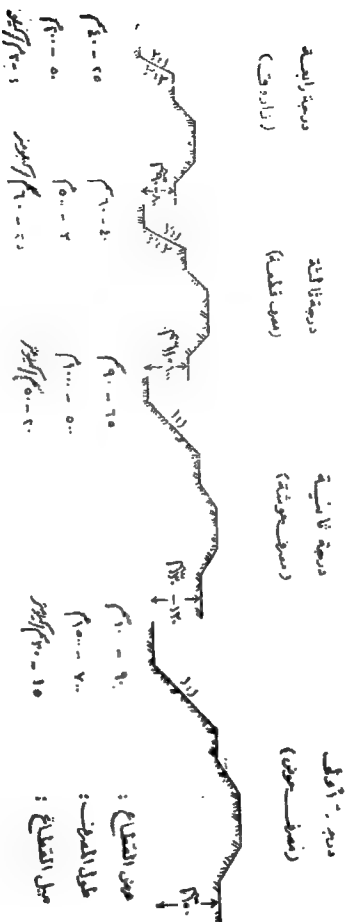
٢ - مقاومة الجوانب والجسور للتحرك

٣ - الثبات ضد الانحراف (Stability to caving) وذلك بعمل ميل
أثرية الجسور بزوايا أقل من زاوية الراحة (Angle of repose) التي لا تنهار
عندها الأثرية لأي سبب . وكذلك يجب أن تكون قوى القص لوحدة المساحة
(Shearing stresses) مع أخذ معامل أمان (Factor of safety) كاف
لأسيما أن صفات التربة معرضة للتغير من مكان لآخر ومن زمن لآخر عندما
تختلف كمية الرطوبة بها . حسب منسوب المياه بقطاع المصرف ، مما يستلزم أن
تكون الميول الجانبية أكبر من زاوية الراحة للتربة المشبعة بالمياه وذلك لجزء
ذو المنسوب تحت منسوب المياه أما الجزء فوق منسوب المياه فالميول ترتبط
بزاوية الراحة للتربة الجافة .

وشكل ٥٢ بين قطاع نموذجي مبني على الميول الجانبية التي قد تتغير حسب
نوع كل تربة فني ، الأراضي الطينية الثقيلة وفي أراضي البيت ذات التركيب الأسجي
(Fibrous peat) قد تهف الميول الجانبية وأسيما تقريبا لسنوات عدة ، أما
في الأراضي السلتية فإن الميول تعمل بـ ١ : ١ أو أكثر انبساطا ، كذلك في الأراضي
الوماية فتعمل ميول الجوانب ٢ : ٣ أو ١ : ١ أو أكثر انبساطا إذا استدعى الأمر



شكل ٥٢ : قطاع نموذجي لمصرف مكشوف



شکل ۵۲ : میل الجواب والمق ودرجہ القاع ودرجہ القاع المتناقص للمصارف من الدرجة الأولى إلى الرابعة

ذلك . وكلما زادت حدة ميل الجوانب ، ووقوتها كلما ساء ذلك على تأهيل الجوانب في الأجزاء الرخوة مما قد يؤدي إلى انسداد المصرف وبالتالي يصوق سير المياه أو يعترض تدفقها ويقلل كفاءة الصرف .

وفي المناطق التي يجب أن تسير فيها معدات الميكنة الزراعية عبر المصارف فتعمل الميول الجانبية للمصارف بحيث لا تقل عن ٨ : ١ إلا إذا كانت عمليات الميكنة الزراعية متوازية فقد تصل الميول الجانبية إلى ٤ : ١ .

وشكل ٥٣ يعطى ميول الجوانب والعمق وعرض القاع وطول وميل القاع المتتاد تنفيذها للمصارف من الدرجة الأولى حتى الرابعة .

وقد يؤدي تسرب المياه من الأراضي الزراعية المجاورة إلى انبهار جوانب المصارف لذلك يجب أن يكون ميل خط الرشع ما بين ٥ : ١ و ٧ : ١ .

وجداول ١٥ - ١ يعطى بعض قيم الميول الجانبية لأنواع مختلفة من التربة .

Soil	Side Slopes
Sand	3 : 1
Loam and clay loam	$1\frac{1}{2} : 1$ - $1\frac{1}{2} : 1$
Peat, muck, sand and loose soils ..	1 : 1
Field lateral ditches for silt, clay and muck under 1.0 m. deep	$1\frac{1}{4} : 1$

جدول ١٥ - ١ : بعض قيم الميول الجانبية لأنواع مختلفة من التربة

ويوصى اتشفرى (Etcheverry, S. A.) بالميول الجاذبية المغطاة بالجدول

الآتي وهي قيم عالية أكثر من القيم عالية :

Soil	Side Slopes	
	Shallow Channels up to 4 feet	Deep Channels 4 feet and over
Peat and muck	Vertical	$\frac{1}{4} : 1$
Heavy clay	$\frac{1}{2} : 1$	$1 : 1$
Clay or silt loam	$1 : 1$	$1\frac{1}{2} : 1$
Sandy loam	$1\frac{1}{2} : 1$	$2 : 1$
Loose sand	$2 : 1$	$3 : 1$

جدول ١٥ - ب : بعض قيم الميل الجانبية لأنواع مختلفة من التربة

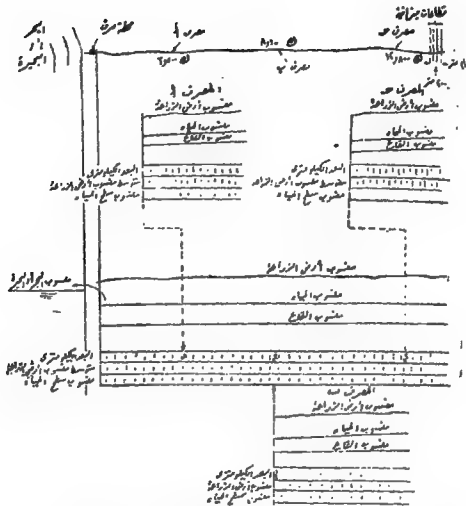
الدياجرام المائي

Water or Synoptic Diagram

يمثل الدياجرام المائي كما بين هو بشكل مملخص عام المعلومات اللازمة
لأي مصرف رئيسي وما يصب فيه من مصارف فرعية ، ولوسم هذا الدياجرام
تعمل قطاعات طولية لجميع المصارف يبين عليها الآتي :

- ١ - البعد الكيلومتري لتحديد أماكن القطاعات العرضية ،
- ٢ - مناسيب أرض الزراعة أيمن وأيسر كل مصرف ويمكن تحديدها بعمل
قطاعات عرضية على أبعاد ٢٠٠ متر أو أكثر ،

٣ - مناسيب سطح المياه وانحداراتها في المصارف المختلفة كي يمكن الربط
بينها وعمل التعديلات الممكنة لتحسين صرف المساحة المار بها المصرف الرئيسي
وفروعه ،



شكل ٤ : الدياجرام المائي لمصرف رئيسي وثلاثة مصارف فرعية تصب فيه.

١ - مناسيب قاع المصرف وانحداراته إن أمكن و

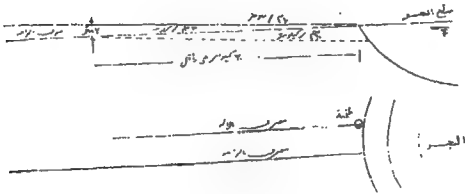
٢ - أي بيانات عن الأعمال الصناعية أو ملحوظات من الطبيعة .

وفائدة مثل هذه الدياجرامات هو ربط شبكة الصرف والتفريغ إليها كشرع
تكمال لإمكان تحسين الصرف في بعض أجزاء شبكة الصرف وعلاج مشاكل
البحر الآخر ، فثلا إذا وجد أن منسوب المياه بمصرف فرعي ما عند لقائه مع
المصرف الرئيسي - أعلى كثيرا من منسوب سطح المياه بالآخر أمكن تلافى -

حدوث أى ضرر علاوة على تحديد الصرف - ينخفض المنسوب عن طريق تعميق المصرف الفرعى .

مثال آخر : إذا كانت المياه بمصرف فرعى أوطى منها فى المصرف الرئيسى فقد يستدعى الأمر استعمال طلبية لرفع المياه من المصرف الفرعى إلى المصرف الرئيسى .

وقد يضطر الأمر إلى إنشاء مصرفين رئيسيين أحدهما ترفع مياهه بالآلة إلى البحر أو إلى حيث تلقى مياه الصرف فى النهاية . والآخر بالراحة كما هو موضح بشكل ٥٥ .



شكل ٥٥ : مصرف الآلة وآخر بالراحة يصبان فى البحر

قطاعات المصارف

أولاً : أشكال القطاعات :

قد يأخذ قطاع المصرف عدة أشكال كالآتى :

- ١ - شكل (V) : - يستعمل حيث الحاجة لتوابع الحفر من أجل ردم أى منخفضات أو فجوج بالمساحة والمساعدة فى أعمال تسوية - طح الأرض ، كما

يستعمل في المزارع الآلية حيث تستخدم وسائل المكنة في أعمال الخدمة الزراعية ،

٢ - شكل (W) (أى) (Twin-type channels or W - ditches) :-

حيث يوضح ناتج الحفر بين المجريين المتأين إن وجد وقد تبلغ المسافة بينها ٩ متر إذا بلغ العمق حوالى ٢٥ سم . ويكثر استعمال هذا النوع حيث الاختصار بسيط وتجاه المصرفت وتعدل الميول الجانبية من ٨ : ١ إلى ٤٠ : ١ حتى يتمكن الآلات الزراعية هبوطها ،

٣ - شكل دائرى :- وهو أكفأ القطاعات من الوجهة الهيدروليكية إذ له أقل مساحة وأقل محيط ، ولذا يسمى أحسن شكل (Best form) غير أن هناك عوامل أخرى من الضروري أخذها في الاعتبار عند تصميم مثل هذا القاع كعموبة الإنشاء والتفتيد ، ومنها العوامل الاقتصادية والصيانة ،

٤ - شكل شبه منحرف :- كما بقي يانه في شكل ٥٢ وهو مناسب للأعمال الترابية ،
٥ - شكل مستطيل ،

٦ - قطاع على شكل بيضاوى (Oval Egg - shaped) ،

٧ - قطاع على شكل حذوة حصان (Horse shoe) و

٨ - قطاع نصف دائرى .

ولابد أن القطاعات المصارفت (أو قنوات الري) أن تكون :



شكل ٥٦ - بعض أشكال قطاعات المصارفت (أو قنوات الري)

١ - ذات كفاءة عالية (Efficient) بمعنى أن يكون الفقد من المياه أثناء توصيلها - أقل ما يمكن سواء بسبب البخر أو الرشع أو التخلل و

ب - اقتصادية بالنسبة لكل من تكاليف إنشائها وصيانتها . من أجل ذلك ينبغي لمساحة القطاع ومحيطه المبتل أن يكونا أقل ما يمكن (Minimum)، وللإقتصاد في صيانة القطاع لابد من :

١ - منع حدوث أى إطماء أو ترسيب للمواد العالقة بالماء، ويحدث ذلك إذا :

$$F' = V / \sqrt{gd} = 1 \quad \dots [18]$$

حيث : F : رقم فراود ، Froude No. ،

v : السرعة ،

g : عجلة الجاذبية الأرضية و

d : عمق المياه بالقطاع .

٢ - منع حدوث أى نحر للقطاع و

٣ - منع نمو أى حشائش بالقطاع .

أما كي تكون كل من مساحة القطاع ومحيطه المبتل أقل ما يمكن في حالة الشكل شبه المنحرف، فلا بد أن يكون نصف العرض العلوى للقطاع مساوياً للطول أحد الجوانب أى :

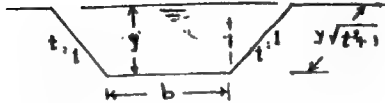
$$\frac{b}{2} + ty = y \sqrt{t^2 + 1} \quad \dots [14]$$

حيث :

b = عرض القاع ،

(t:1) = ميل الجوانب و

y = ارتفاع المياه في انقطاع .



شكل ٥٧ : نطاع مصرف على شكل شبه منحرف مبينا عليه أبعاده .

وكمية المياه في أى قطاع من التقاطعات المشار إليها بهائه تعتمد على ميل أو انحدار قاع المصرف ، علاوة على شكل المصرف الذى يحدده غالبا قوام التربة ، وكذلك تعتمد كمية المياه على أبعاد القطاع وخشونة التربة التى يمر بها القطاع أو المواد التى ينشأ منها سواء الخرسانة العادية أو المسلحة أو الطوب أو الحجر أو مبان بالاسمنت أو الأسفلت أو الطين .

ومثال ذلك أن كمية المياه المارة بقطاع معين تزداد بزيادة عمق المياه المارة به ، وبزيادة انحدار سطح الماء ، وكذلك فإن كمية المياه المارة بقطاع في تربة صخرية أو زلطية مثلا أى خشنة السطح قد تصل إلى نصف الكمية إذا كان نفس القطاع مبنا بالخرسانة . ولانفسى أن خشونة السطح تنفذ كثيرا في بعض الحالات التى يكون فيها الانحدار كبيرا جدا ويراد خفض السرعة :

وكمية مياه المصرف يحددها الآن :

- ١ - كمية الأمطار ،
- ٢ - حجم المساحة المراد صرفها ،
- ٣ - طوبوغرافية المنطقة ،
- ٤ - خواص التربة ،
- ٥ - النباتات المزروعة ،
- ٦ - الاحتياجات التسليلية ،

٧ - درجة الحماية المطلوبة للمنطقة مما يحدد الوقت اللازم لصرف المياه والسرعة الواجب التخلص بها من المياه قبل حدوث أى أضرار أو لتفادى ما يمكن منها و

٨ - تكرار حدوث المد والجزر أو الفيضانات سواء من الأنهار أو البحار أو المحيطات أو البحيرات .

وما زالت الحاجة ملحة لتحديد كثير من العوامل السابقة بالدقة الكافية واللازمة لتصميم قطاع المعرف، غير أن المصمم لابد له أن يعتمد كثيراً على تجربته وحكمته إلى حد كبير .

ويستعمل القطاع على شكل شبه المنحرف كثيراً لسهولة تنفيذه لاسيما في الأعمال الترابية ، وينشأ له مسطح بمنسوب أرض الزراعة وبعرض مناسب حسب العمق غير أن الاتجاه الحديث دوطم لإنشاء مثل هذا المسطح لإزالة تدم نبات التربة أو لتفادى أى أضرار ناتجة عن أحمال أتربة الردم . كما ينشأ جسر مال على جانب واحد أو على جانبي القطاع وبعد قسمة العليا مباشرة .

ثانياً - فوائد عمل الجسر والمسطح :

١ - إمداد المنطقة بالطرق اللازمة لأعمال تسويق المحاصيل الزراعية والنقل وأعمال الميكنة وإدارة المزرعة ،

٢ - تفادى نقل أتربة التطهير في المستقبل بحملات كثيرة وليس بالوسيلة العملية للتخلص منها ،

٣ - تفادى دخول المياه الطعنية إلى المجارى المائية إلا حيث أعتد التصميم لذلك ،

٤ - استعمال المسطاح كمكان لتشغيل ماكينات الحفر والتنظيف
(Ditching machines) ،

٥ - تقليل تراكم المياه وما قد ينشأ عن ذلك من روائح كريهة وانتشار
الأمراض و

٦ - تفادي تهويل الأتربة إلى المصرف بعد إنشائه .

ثالثاً - حساب أبعاد قطاع المصرف وتعرفه :

١ - بالنسبة للمصارف المدرجة الرابعة (أو الزواويق) :

لا يعمل لها حساب هيدروليكي وذلك لصغر حجم القطاع المطلوب نظرياً ،
ولذلك تؤخذ أبعاد قطاعاتها كالاتي :

عرض القطاع : من ٢٠ إلى ٧٠ سم ويعتمد ذلك على نوع آلات الحفر
والميانة المستعملة عليها ،

عمق الحفر (من سطح الأرض) : من ٩٠ إلى ١٥٠ سم ويحدده مادة مشروب
المياه الأرضية المطلوب الوصول إليه ،

عرض المسطاح : من صفر إلى ٥٠ سم و

الميل الجانبية : من $\frac{1}{3}$: ١ إلى $\frac{1}{2}$: ٢ .

وتوضع نواتج الحفر عادة على الجانبين بالتساوي .

ب- بالنسبة للمصارف ذات الحجم الكبير :

وأصبح حالة تصميم هي حيث يتلقى المصرف مياهه من بعض المصارف
الفرعية ثلاثة على مياه المزرعة ومياه الفيضانات، وحيث يستقبل المياه الأرضية
في ذات الوقت ، إذ يجب في هذه الحالة :

أن يكون المصرف عميقا بالدرجة الكافية لتدفق المياه الأرضية بما يستوجب أن يكون سطح المياه بالمصرف أوطى من سطح الماء الأرضي ، وكلما زاد عمق المصرف كلما زادت مساحة تأثير المصرف ،

٢- أن يكون منسوب سطح المياه بالمصرف أوطى من منسوب المياه بنهايات القروص التي تصب فيه و

٣- أن يكون قطاع المصرف كاف لحل مياه الفيضان ، مع مراعاة قصر الفترة التي قد يحدث فيها ارتفاع منسوب المياه بالمصرف وقت الفيضان ، وإلا قد يكون اقتصاديا عمل مصرف مستقل فذلك . ولا داعي لإضافة أى تصرف زائد نتيجة الري - لكل ذلك إن وجد .

أما بالنسبة للمصارف المجهزة فلا بد لمطامنها أن تكون كافية لأي مياه زائدة نتيجة المياه الأرضية ، وكذلك أى فائض من مياه الري (Irrigation Surface waste) ، علاوة على السيول (Estimated storm flow) ، ينشأ إلى ذلك كميات المياه التي تلقاها المصرف المجمع من المصارف القاطنة (Intercept or drains) أو مصارف التخفيف (Relief drains) .

ويلزم لتحديد قطاع المصرف علاوة على التصرف المشار به - معرفة السرعة المتوسطة للمياه والتي تحسب من قانون ماننج (Manning) كما سيأتى ذكره .

وبحسب التصرف المار بالمصرف كحاصل ضرب الزمام المركب على المصرف في معامل الصرف . وبعد تحديد أبعاد قطاع المصرف وتقريبها إلى ما سينفذ فعلا بالطبيعة ، يجب حساب السرعة المتوسطة الفعلية ، ومراعاة ألا تكون عالية حتى لا تسبب أى نحر أو تهاليل للجوانب والقاع ، وألا تكون منخفضة فتسبب إطماء المصرف وتزايد نمو الأعشاب به ، وبالتالي ارتفاع مناسيب المياه في المصارف

من المناسيب التصميمية أو المقررة لها، ويجب عمل الدراسات اللازمة لكل منطقة من أجل تحديد السرعات المناسبة التي تعتمد على نوع التربة، وعلى المياه ونوعها وكميتها بالإضافة إلى شكل القطاع .

وباختصار فإنه يمكن تحديد أبعاد قطاع المهرق كالآتي :

التصرف (Q) = معامل الصرف × الزمام (١٤)
ويراعى تحويل وحدات التصرف (Q) إلى م^٣/ ثانية حتى تكون مائلة لوحدات السرعة (V) متر / ثانية .

وبتطبيق معادلة ماننج :

$$Q = \frac{1}{n} m^{2/3} i^{1/2} . a = V . a \quad \dots(16)$$

حيث :

($\frac{1}{n}$) : معامل ماننج أو ،

n : معامل الخشونة،

m : نصف القطر الهيدروليكي Hydraulic radius يساوى:

$$m = \frac{a}{p} \quad \dots(17)$$

v : السرعة المتوسطة ،

a : مساحة قطاع المهرق،

p : المحيط المبتل لقطاع المهرق و

i : الانحدار أو الميل الهيدروليكي ويساوى عادة انحدار

سطح المياه بالمصرف أو انحدار القاع .

وتحدد مساحة قطاع المصريف (a) بمرض القاع (b) ، وارتفاع المياه به (c) والميول الجانبية للقطاع والسابق الإشارة لها بشكل ٥٧ (١ : ١) في حالة شبه المخرف ، كما تتحدد مساحة القطاع بنصف القطر وارتفاع المياه إذا أخذ القطاع الشكل الدائري ، أو بالميل الجانبية وارتفاع المياه إذا أخذ القطاع شكل (v) أو (w) .

ولحل المادة ١٩ التي يمكن إيجاد جميع حدودها بالارتقاء ماعدا مجهولين مما عرض القاع والارتفاع في حالة شبه المخرف ، لابد من معادلة ثانية نوردنا بعد الجدول الآتي لبعض قيم معامل الخسوف :

حالة القاع	(n)
مبطن بالحرساية	٠,٠٢٢ - ٠,٠١٣
د بالطوب	٠,٠١٧ - ٠,٠١٤
د بالأسفلت	٠,٠١٦ - ٠,٠١٣
د بالحشب	٠,٠١٣ - ٠,٠١١
تظيف ومنشأ حديثا والقطاع منتظم	٠,٠١٨ - ٠,٠١٦
تعرض لعوامل بيئية	٠,٠٢٠ - ٠,٠١٨
ذو حشائش قهيري	٠,٠٢٧ - ٠,٠٢٢
التربة ولطية والقطاع منتظم وتظيف	٠,٠٢٥ - ٠,٠٢٢
ترابي به بعض الحشائش	٠,٠٣٠ - ٠,٠٢٥
ترابي به حشائش كثيفة	٠,٠٣٥ - ٠,٠٣٠
ترابي والقطاع غير منتظم وغير مطهر	٠,٠٨٠ - ٠,٠١٤

جدول ١٦ : بعض قيم () في حالات مختلفة لقطاع المصريف .

والمعادلة الثانية التي يمكن بها مع المعادلة ١٦ حل المجهولين (d) ، (b) هي :

(١) إذا كان عرض القاع يساوى أو أقل من ٢ متر:

$$d = (0.9 \rightarrow 1.0) \cdot b \quad \dots [18]$$

(ب) إذا كان عرض القاع أكبر من ٢ متر فإن :

$$d = (1.45 \rightarrow 1.75) b^{1/2} \quad \dots [19]$$

وكما كان المصرف، ضللا كلما نُفِضَ الاثرب من النهاية الضخرى للأرقام بين الأقواس .

وفي حالة الحاجة إلى عرض قاع كبير جدا للمصرف من أجل مواجهة التغيرات أو السيول، ينشأ بقاع المصرف ما يسمى (Pilot channel) أو مصرف داخل مصرف، ذو كفءة كافية للمصرف العادي، واشتيت قاع المصرف الكبير بالإبقاء عليه جافا طوال العام، فيما هذا قرات التغيرات أو السيول وبذلك تقل تكاليف الصيانة .

وبعد تحديد أبعاد القطاع وتجهيزها إلى الأرقام التي ستفد بها فعلا في الطبيعة لابد من تحديد السرعة المتوسطة الفعلية، حتى إذا لم تكن في الحدود المسموح بها: أعيد الحساب ثانية مع بعض التغيرات في قيم (i) أو (R) أو غيرها.

وتحدد السرعة إما من المعادلة ١٦ أو من معادلة إليوت (Ellott) :

$$v = \left(\frac{a}{p} \times 1.5 i \right)^{1/2} \quad \dots [20]$$

حيث :

v : السرعة المتوسطة بالقطاع (بم/ثانية)،

- a : مساحة القطاع (قدم مربع) ،
 p : المحيط المبتذل (قدم) و
 i : انحدار أو ميل قاع المصرف (قدم/ميل) .

والجدول الآتي يعطى العلاقات بين عرض القاع وعمقه لميول جانبية مختلفة حيث يمكن الحصول على الكفاءة العظمى للقطاع :

الميول الجانبية	حفر	$1 : \frac{1}{4}$	$1 : \frac{1}{3}$	$1 : 1$	$1 : 1\frac{1}{2}$	$1 : 2$	$1 : 3$	$1 : 4$
عرض القطاع العمق	٢	١,٥٦	١,٢٤	٠,٨٣	٠,٦٦	٠,٤٧	٠,٣٦	٠,٢٥

جدول ١٧ : العلاقات بين عرض القاع وعمقه لميول جانبية مختلفة من أجل الكفاءة العظمى لقطاع المصرف .

والجدول الآتي يعطى السرعات المسموح بها حسب ما يتبع بمكتب الاستصلاح (Bureau of Reclamation) الأمريكي :

السرعة متر/ ثانية	(التربة)
١,٢٢	طين (Stiff clay)
٠,٧٦	طين رمل
٠,٤٦	تراب رملية خفيفة

جدول ١٨ : بعض السرعات المسموح بها حسب المنتج بمكتب الاستصلاح الأمريكي .

كذلك يعطى الجدول الآتي بعض السرعات المسموح بها في حالات أخرى مختلفة :

Original material excavated from drain	Velocity after aging drains carrying :		
	Clear water (no debris)	Water transporting colloidal silt	Water transporting non colloidal silts, sands, gravel or rock fragments
	m./sec.	m./sec.	m./sec.
Fine sands (noncolloidal)	0.45	0.75	0.45
Sandy loam ")	0.60	0.75	0.60
Silt loam (")	0.60	0.90	0.60
Alluvial silt	0.60	1.05	0.60
Ordinary firm loam	0.75	1.05	0.70
Volcanic ash	0.75	1.05	0.60
Pine gravel	0.75	1.60	1.10
Silt clay (very colloidal)	1.10	1.60	0.90
Graded, loam to cobbles when noncolloidal	1.10	1.50	1.50
Alluvial silts (colloidal)	1.10	1.50	0.90
Graded silt to cobbles when colloidal	1.20	1.65	1.50
Coarse gravel (noncolloidal) ..	1.20	1.80	1.95
Cobbles and shingles	1.50	1.85	1.95
Bales and boulders	1.80	1.80	1.50

جدول ١١ : بعض قيم السرعات المسموح بها حسب نوع التربة.

٥ - تحديد التصرف في حالة الجريان السطحي :

١ - جريان المياه السطحي يعمل الواسف العفوية (Storm runoff) :

تسقط الأمطار على الأرض والمساحات المائية بالمخطقة المراد صرفها ومن هذه المياه :

- جزء يتبخر أثناء سقوط الأمطار ،

- جزء يتسرب إلى طبقات التربة المختلفة مكملاً لسمتها الحقلية ثم إلى المصارف
إن وجدت - أى كمية المياه التى تزيد عن السعة الحقلية - أو إلى الماء الأرضى
في حالة عدم وجود مصارف ،

- جزء يملأ المنخفضات والحدوش على سطح الأرض و

- البساق يتساب على سطح الأرض وهو ما يسمى بالجريان السطحي

(Runoff) .

والمطلوب تحديد كميته انصميم قطاع المصرف علاوة على أى كميات أخرى
من المياه . ويتضح من ذلك أن معدل الجريان السطحي (Rate of runoff)
يتغير بتغير معدل سقوط الأمطار والبنر والتنعج ، وتغير مددة تخطل الماء لسطح
الأرض وبالتالي طبيعة سطح الأرض ومدى خشونة ونعومة السطح ، علاوة على
نوع النظام البنيان وتوزيعه وجاهة نموه ، بالإضافة إلى مساهمة طبقات التربة المختلفة
ومحتواها الرطوبي التى تؤثر على الرشح العميق وسعة التربة التخزينية وكذلك
على السعة التخزينية المؤقتة والثابتة لسطح الأرض (Temporary and
permanent surface storage) كما يتغير معدل الجريان السطحي من

وقت لآخر حسب اختلاف العوامل السابقة بالإضافة إلى انحدار وحجم وشكل المساحة المراد صرفها وما تحتويه من مجارى مائية، وكذلك على خصائصها الهيدروليكية .

٢ - شدة المطر ولفترة استوائه وتردده (أو فترة عودته) :

(Rainfall intensity - Duration - Frequency or Return period) :

يقصد بشدة المطر معدل سقوط أو نزول المطر ، وتقدر عادة بالبوصة أو السنتيمتر أو المليمتر في الساعة ، وذلك على الرغم من أن كمية المطر قد تكون هطلى أو استمرت في السقوط لفترة أقل من الساعة . ويعبر عن التردد باحتمال حدوث هطول الأمطار ذات الشدة المعينة أو أكبر منها . وكثيرا ما يؤخذ في الاعتبار تردد من ١٥-٥ سنة (5-16 years frequency storm) في حساب تصميم قطاعات المصارف وما يتصل بها من مشروعات هندسية ، وقد يعبر عن التردد بمتوسط الفترة بين شديتين مختلفتين لنزول الأمطار ولذلك تحدد فترة استمرار هطول الأمطار عند ذكر ترددها ، إذ أن شدة المطر قد تختلف حسب فترة استمرار المطر .

٣ - معيار الانقاص (Run-off modulus) :

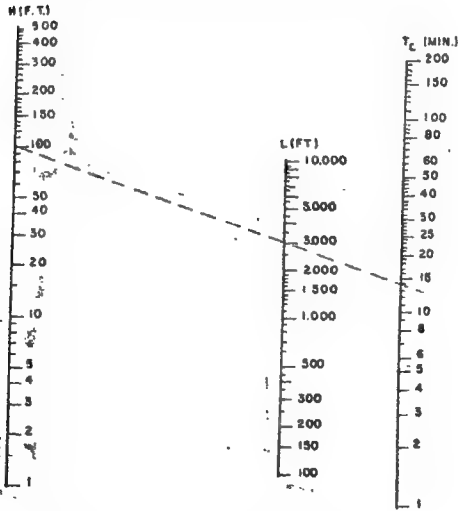
وهو عمق الماء فوق مساحة معينة والذي يجب صرفه خلال ٢٤ ساعة ، وهو مقبىل لأكبر مدى تتحرك به المياه إلى المصارف ، ويبلغ أقصى قيمة بعد الزى أو بعد أكبر شدة مطر بزمان من ٥ - ١٠ ساعات .

٤ - فترة التركيز (Time of concentration T_c) :

وهو الزمن اللازم لوصول المياه من أبعد نقطة في المنطقة المراد صرفها إلى

مخرج المياه بعيدا عنها، وهي تساوى فترة هطول الأمطار بالتفائق التي تسبب أقصى جريان سطحي للمياه، ولذلك تعتمد فترة التركيز على حجم وشكل المساحة المطلوب صرفها وانحدار سطح الأرض ونوعه وكذلك يعتمد على شدة هطول الأمطار وحسبما يكون تدفق المياه على سطح الأرض أو خلال قنوات صغيرة الحجم أو كبيرة وغير ذلك من عوامل.

ويمكن تحديد التركيز من الترموجرام بشكل ٥٨ إذا أمكن إيجاد طول



شكل ٥٨ : ترموجرام لتحديد قيمة (T_c) بمعرفة (L) و (H).

المساحة المراد صرفها (L) والفرق بين منسوب أبعد نقطة بالمساحة عن مخرج المياه، ومنسوب المياه بهذا المخرج أو بمباراة أخرى ارتفاع أبعد نقطة بالمساحة من مخرج المياه منها وهو ما يرمز له بالحرف (H) في الشكل. وبمسد تحديد القيمتين (L)، (H) على نظائرها بالشكل يوصل خط ما بين النقطتين المثلثتين ويمد الخط حتى يلاق الرأس المثلث لقيم (T₀) عند نقطة تحدد قيمة (T₀) المناظرة لـ (L)، (H) السابق تعيينهما. فشلا لو فرض أن H = ١٠٠ قدم، L = ٣٠٠٠ قدم بجذأته بعد رسم الخط الموصل بين هاتين النقطتين وده T₀ = ١٤ دقيقة.

قيم (T₀) التي تحدد بين التوموجرام السابق هي لأراض طبيعية ليس عليها مزروعات أو أرض عليها حشائش قصيرة جدا. أما في حالة الأراضي المزروعة حشائش عالية فتعرب هذه القيم في ٢.

ويعطى الجدول الآتي بعض القيم لـ (T₀) في حالة مختلفة انحدارها ٥٪ وطولها حوالى ضعف عرضها المتوسط :-

مساحة المنطقة (إيكار)	١	٣	٥	١٠	٥٠	١٠٠	٤٠٠	٦٠٠	١٠٠٠
(T ₀) بالثقائق	١,٤	٣	٣,٥	٤	١٢	١٧	٢٥	٤٧	٧٥

جدول ٢٠ : بعض قيم لـ (T₀) لمنطقة انحدارها ٥٪ وطولها حوالى ضعف عرضها المتوسط.

٥ - الطريقة النظرية أو العقلية (Rational method) :-

وتستعمل إذا كانت المساحة المراد صرفها أقل من ٢٠٠ فدان. أما إذا زادت المساحة عن ذلك فيمكن استعمال الطرق التي شرحها بوت (Potter)

ودالريمبل (Dairymple) وغيرهما وإن كان من الممكن استعمال الطريقة المنطقية أيضا .

والملاحظ أن هذا التحديد ليس دقيقا وقد يعطى فروقا كبيرة عند استعمال عدة طرق ، لذلك لا بد من الرجوع إلى البيانات الفعلية من الحقل لإضكان الحكم على أصح هذه الطرق وأفضلها استعمالا . وفي حالة الطريقة المنطقية تستعمل المعادلة الآتية لإيجاد أقصى معدل الجريان السطحي :

$$Q = 0.1 I_{me} A \quad [21]$$

حيث :

Q : أقصى معدل للجريان السطحي (Peak rate of runoff) أو معايير الفائض (Drainage modulus) بالقدم/ ثانية ،

C : نسبة عدم النفاذية أو اللئاحة (Imperviousness) للمساحة وهو معامل لمعرفة الفاقد من المياه يسمى بمعامل الجريان السطحي المصحح "Weighted runoff coefficient (average of coefficients to the different types of contributing areas) " .

$$(٢٢) \quad \frac{\text{أقصى معدل الجريان السطحي لتردد معين}}{\text{متوسط شدة المطر عند نفس التردد}} = C$$

و تعتمد قيم (C) على المساحة النسبية ومزايا وميل سطح الأرض ويعطى الجدول ٢١ بعض قيم (C) في مساحات مختلفة تسمح بإدخال العوامل المؤثرة على (Q) ،

A : المساحة المراد صرفها بالإيكز ويمكن تعديدها بمسح المنطقة المراد صرفها و

I_{max} : شدة المطر المتصورى بالبوحة في الساعة لفترة التركيز الخاصة بالمساحة.

نوع السطح	C
أرض حراء (Bare earth)	٠,٩ - ٠,٢
أرض مزرعة مراعى وانحدارها حوال ١ : ٢	٠,٧ - ٠,٥
مراعى مغطاة بكثافة (Turf meadows) ...	٠,٤ - ٠,١
مساحات مغطاة بالمنايات	٠,٣ - ٠,١
حقول مزرعة	٠,٤ - ٠,٢

جدول ٢١ : بعض قيم (C) لاسطح مختلفة من الأرض .

وقد عملت تعديلات كثيرة للعادة ٢١ إلا أن البيانات الواجب الحصول عليها لعمل هذه التعديلات لاتتجمع الدخول في تفاصيلها .

مثال :

مساحة طولها ٦١٠ قدم وعرضها ١٥٠ قدم تقع على مرتفع ، يراد صرفها علما بأن $C = ٠,٣٥$ وانحدار سطح الأرض ١٥٪ وارتفاع نهاية المرتفع بموار المنصرف يساوى ٤ قدم فوق قاع المنصرف . احسب Q .

الحل :

ارتفاع أبعاد نقطة فوق مخرج المياه أى (HD) = $٤ + ٦١٠ \times \frac{٠,١٥}{١٠٠}$ قدم

من التوموجرام بشكل ٥٥ بتوصيل خط مستقيم H بين $H = ٤,٩١$ قدم ،

$L = ٦١٠$ قدم ومد الخط حتى الخط الرأسى المنحل لقيم (T_0) نجد أن

فترة التركيز تساوى ٧ دقائق .

$$\text{المساحة (A)} = 100 \times 610 = 91000 \text{ قدم مربع}$$

$$2,2 \text{ ليكر} = \frac{91000}{42000} =$$

ومن المعادلة ٢١:

$$Q = 0,45 \times 610 \times 2,2 = 592 \text{ قدم مكعب/ثانية}$$

$$\text{أي } Q = A \times I_{\max} \times C = \text{تصرف المصرف المطلوب تصميمه.}$$

٦ - قانون تالبوت (Talbot):

ويشتمل كثيرا لبساطته ولإعطائه مساحة قطاع المصرف (A) مباشرة والقانون هو:

$$a = C' A^{3/4} \quad [22]$$

حيث:

a : مساحة قطاع المصرف أو الجرى المائي المطلوب ،

C' : معامل يساوى ١/٤ أو ١ حسب طبيعة سطح المساحة: مستوية أو

منحدرة انحدارات بسيطة (Rolling) أو جبلية على التوالي و

A : مساحة المنطقة المراد صرفها بالإيكر:

٧ - معادلة بركلي - زيغلر (Burkli Ziegler):

$$Q = A I_{av} C \left(\frac{i}{A} \right)^{1/4} \quad \dots [23]$$

حيث:

Q : التصرف المطلوب حساب ،

A : مساحة المنطقة المراد صرفها ،

I_{av} : شدة المطر المتوسطة ،

i : انحدار سطح الأرض بالقدم لكل ١٠٠٠ قدم و

C : معامل يعتمد على خواص سطح الأرض ويمكن أخذه ٠.٢٥ .
للأراضي المزروعة .

A = معادلة مكماث (McMath) :

$$Q = 0.1 i^{1/6} A^{3/4} \quad \dots [24]$$

حيث :

Q : التصريف المطلوب بحسابه بالقدم المكعب في الثانية ،

C : معامل يتغير بتغير طبوغرافية المنطقة وكثافة المزروعات وأنواع التربة

علامة على حالة الجريان السطحي كما في جدول ٢٢ ،

I : معدل سقوط المطر بالبوصة في الساعة لفترة التركيز والتردد المطلوب ،
حساب التصريف عندها ،

i : انحدار المصرف أو مجرى المياه بالقدم لكل ١٠٠٠ قدم و

A : المساحة بالإيكتر .

وتراوح قيمة C من ٠.٢ (= ٠.٠٠٨ + ٠.٠٠٨ + ٠.٠٠٤) في حالة الجريان السطحي المنخفض والوراثة جيدة الخشائش والتربة الرملية وسمطح الأرض المنبسطة إلى ٠.٧٥ (= ٠.٢ + ٠.٣٤ + ٠.١٥) في حالة الجريان السطحي العالي جدا والأرض عراء أو تاذرة المزروعات والتربة الصخرية . أو الثقيلة والانهيار كبير جدا . وواضح من الجدول ٢٢ أن (C) تعتمد على التباينات

Runoff conditions	Vegetation	Soils	Topography
Low	0.08 (well grassed)	0.08 (sandy)	0.04 (flat)
Moderate	0.12 (good coverage)	0.12 (light)	0.06 (gently sloping)
Average	0.16 (good to fair)	0.16 (medium)	0.08 (sloping to hilly)
High	0.22 (fair to sparse)	0.22 (heavy)	0.11 (hilly to steep)
Extreme	0.30 (sparse to bare)	0.03 (heavy to rock)	0.15 (steep)

جدول ٢٢ : بعض قيم (C) حسب عوامل الصرف المختلفة التي تعتمد عليها
 C) Drainage basin factors for determining C)

إذ تزيد بزيادة الغطاء النباتي ، وكذلك تزيد قيم C كلما نعم قوام التربة أى كلما أصبحت ثقيلة علاوة على زيادة انحدار سطح الأرض .

بعض الأعمال الصناعية

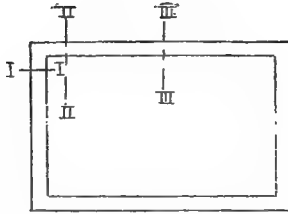
نورد الآن بعض الأعمال الصناعية اللازمة لمشروعات الصرف السطحي ومنها أعمال التقاطع (Cross-works) والمداخل (Inlets) والمسايط (Drops) وغيرها . وتصمم لتصريفات تحسب على أساس تردد ٢٥ سنة إلا إذا كانت أهميتها أقل فتصمم لتردد ١٠ سنوات . أما الطرق داخل المزرعة فتصمم لمواسم ترددها ٥ سنوات فقط .

أولاً : البرايغ (Culvert) :

ويجاء إليها لإمرار المياه تحت الطرق أو الجسور، وتنشأ عادة من الطوب أو الحجر أو الخرسانة العادية أو المسلحة (أى التى لا تحتوى أو تحتوى على أسياخ حديدية لتسليحها) . وقد تنشأ من مواسير موضوعة فوق فرشاة من الخرسانة أو مغموسة فيها . ويعتمد تصميم البرايغ على أبعاد ومناسيب المياه والأثرية حوله وغل الأحوال المتوقع مرورها والأحمال الثابتة، علاوة على طبيعة الأساسات اللازمة والمظهر العام المطلوب ، ويوضع البرايغ بعد أعلى ٥٠٪ من قطره أو ارتفاعه تحت خط انحدار قاع انجرى المائى .

والأنواع البرايغ كالآتى :

أ- براايغ على هيئة صندوق مغلق (Closed box culvert) من الخرسانة :
وأم يمتاز بها بساطة الأعمال اللازمة لإنشائها، والتوزيع العادل وأولمته .
للأحمال على الأساسات . وتصمم مساحة المقطع بقسمة التصريف المطلوب



شكل ٥٩ : برىخ على هيئة صندوق مغلق

لإمراره على سرعة المياه التي تتراوح عادة ما بين ١ و ٢ متر/ثانية. ويراعى عدم زيادة مقدار الفاقد (h_L) عن ١٠ سم ويحسب كالاتى (إذا كان التقطاع متكاملاً) :

$$h_L = \frac{v^2}{2g} \left(\zeta_1 + \zeta_0 + f \frac{L}{m} \right) \text{ not more than 10 cms ... [26]}$$

حيث :

h_L : الفاقد أى فرق منسوب المياه قبل دخولها وبعد خروجها من البرىخ ،

v : السرعة داخل البرىخ (من ١ إلى ٢ متر/ ثانية) ،

g : عجلة الجاذبية الأرضية ،

ζ_1 : ثابت يعتمد على شكل مدخل البرىخ كما هو موضح بشكل ٦٠ ،

ζ_0 : ثابت يعتمد على شكل مخرج البرىخ ويساوى عادة الوحدة و

f : معامل الاحتكاك ويساوى :-

$$f = \alpha \left(1 + \frac{\beta}{m} \right) \quad \text{... [26]}$$

حيث :

α : ثابت يعتمد على مواد الإنشاء ،

β : ثابت يعتمد على مواد الإنشاء ،

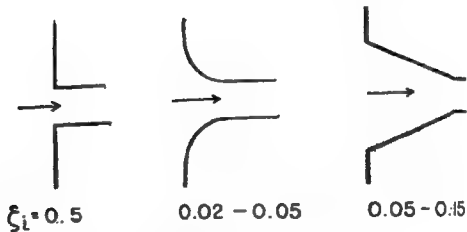
($\alpha = 0.00316$ ، $\beta = 0.0305$ في حالة الخرسانة

، $\alpha = 0.00497$ ، $\beta = 0.0256$ في حالة الحديد) ،

m : نصف القطر الهيدروليكي أو العمق الهيدروليكي المتوسط وتساوى :

$$m = \frac{A}{P} = \frac{\text{مساحة التقاطع}}{\text{الحيط المبتل}} \quad [27]$$

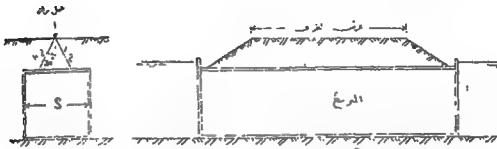
L : طول البريخ



شكل ٦٠ : قيم ξ_L للمداخل يراعى مختلفة .

والنسبة بين عرض البريخ إلى عمقه تعتمد على التصميم المطلوب للملاحة الموقع .
فيختار قطاع مربع إذا أريد الحصول على المساحة العظمى لميظ معين ، ولكن
غالباً ما يزيد العرض عن العمق أو الارتفاع كما في شكل ٥٩ لتجنب تراكم المياه
عند المدخل . وفي حالة زيادة عرض البريخ عن ضعف ارتفاعه ينشأ البريخ من

عدة هيون . كما أنه قد تقتضى ضرورة الاقتصاد فى تكاليف الإنشاء عمل عرض البريخ أقل من ارتفاعه . إذ يمكن الحصول على أقل مكعبات الإنشاء بعمل الارتفاع مساويا ١,٢ العرض ، بفرض أن مقطع البريخ يمثل تمامًا بالمياه المطلوب إسمارها . أما طول البريخ فيعتمد على عرض الجسر أو الطريق ، وعلى ارتفاع أقرب الردم فوقه التى يؤخذ ميلها ٢ : ٢ عادة والى يفضل أن يزيد سمكها عن ٨٠ سم لتفادى تأثير التغير فى درجات الحرارة .



شكل ٦٩ : قطاع طولى لبريخ وتأثير الاحمال عليه

ويحدد جزء البريخ الذى يتعرض للحمل ما بمستويات ميلها ١ : ٢ أو تعمل زوايا مقدار كل منها ٣٠° مع الرأسى . وقد أثبتت التجارب أن تأثير الاحمال يتلانى عند أعماق من . طبع الطريق تزيد عن ضعف عرض البريخ . أما الاحمال التى يجب أخذها فى الاعتبار فمن الردم فوق البريخ ونصف وزنه والاحمال المتحركة المارة فوق البريخ وتأثير صدماتها ، وتؤخذ عادة ١٠ طن للزلاطولى ، أو وزن أكبر محل مركز ، علاوة على ضربة الاثرية الجانبى بما فوقه من احمال ، بالإضافة إلى الضغط الداخلى على جسم البريخ من المياه . وتحدد عزوم الالتواء (Bending moments) وقوى الدفع (Thrusts) عند القطاعات I - I ، II - II ، III - III (أنظر شكل ٥٩) لتحديد أبعادها وتسليحها .

ب - بواش على هيئة مواسير

١ - من الخرسانة المسلحة أو العادية :

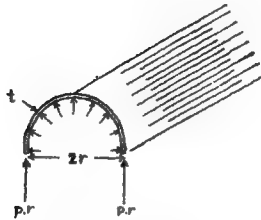
وتصنع بأقطار مختلفة من ١٠ سم إلى ٢٠٠ سم وبأطوال متغيرة من ٢,٥ متر إلى ٤,٥ متر وتختلف عن صلابتها بحلب من الخرسانة المسلحة أو العادية، وتسلح المواسير عادة إذا زاد قطر عن ٤٥ سم وتوضع المواسير على فرشاة من الخرسانة إذا كانت التربة تحتها ضعيفة ويمكن وضعها مباشرة على التربة الجيدة، كما أنه لا بد من تغطيتها بأتربة لا يقل سمكها عن ٥٠ سم لحمايتها من تأثير المرور عليها وتأثير درجة الحرارة .

٢ - مواسير من مواد مختلفة :

لا ياجأ إلى المواسير المصنوعة من الزهر في الأعمال الخاصة بالرى والصرف، بينما تستعمل كثيرا داخل المدن المواسير المبرجة أو المقفنة (Corrugated pipes) لحفة وزنها لاسيا إذا صنعت من مواد غير قابلة للصدأ. ويمكن التغلب على زيادة معامل الاحتكاك بزيادة قطرها . كما تستعمل مواسير من الحديد الصلب المكونة من شرائح بأطوال قد تصل إلى ٣ متر ويمرر لحامها أو وصلها بموقع العمل. وتوضع هذه المواسير مباشرة على التربة الرملية، أو تصب لها قواعد خرسانية على أبعاد حوالي ٣ متر أو على فرشاة متصلة في حالة التربة الضعيفة . ويمكن أن تغلف مثل هذه المواسير بالخرسانة إذا احتوت التربة على أملاح قد تؤدي إلى إلقاء المواسير .

وتصمم المواسير كي تتحمل الضغط الداخلى بينما يصمم الغلاف الخرساني الخارجى كي يقاوم أى أحمال خارجية .

١ - الضغط الداخلى على المواسير :



شكل ١٢ : الضغط الداخلى على المواسير .

$$f \times 2t \times 1 = p \cdot 2r$$

ومنها :

$$t = r \cdot p / f \quad \text{---[28]}$$

حيث :

f : الإجهاد (Working stress) أى القوة لوحدة المساحات ،

p : الضغط الداخلى على جدار الماسورة ،

r : نصف القطر الداخلى للماسورة و

t : سمك جدار الماسورة .

ويضاف إلى السمك (t) ملليمتر واحد من أجل الحماية ضد الصدأ في حالة

استخدام المواسير الحديدية .

وفي حالة استخدام المواسير الخرسانية المسلحة فإنه يلزم تسليحها أطواق

حديد (علاوة على التسليح الطولي) يمدد مقطعا (8) كالآتي:

$$r \cdot p = f \cdot a \quad \dots [29]$$

حيث :

f : هي إجهاد حديد التسليح .

أما الحديد أو التسليح الطولي فيحدد على أساس عزم الانثناء (M) الآتي :

$$M = \frac{w l_1^2}{12} = \frac{(p \cdot b \cdot l') l_1^2}{12} \quad [30]$$

حيث :

M : عزم الانثناء ،

b : المسافة بين الأسياع الطولية و

l' : المسافة بين الأطواق و

l_1 : طول الماسورة .

ii - الاحمال الرأسية الناتجة عن الزلزال :

وهي تعتمد بالطبع على طبيعة التربة المحيطة بالمواسير وتزداد بزيادة العمق

(ED) وهرض الحفرة (B_d) الموضوعة بها المواسير ذات القطر الخارجى (B_c) ،

كما تعتمد على حالة الزلزال وصلابة المواسير .

ويمكن إيجاد هذه الاحمال من الترموجرام بشكل ٦٣ وهو مشتق من ترموجرام

ميلر ووايس (Miller and Wise) ونموجرامات شيلفجارد ومساعدوه .

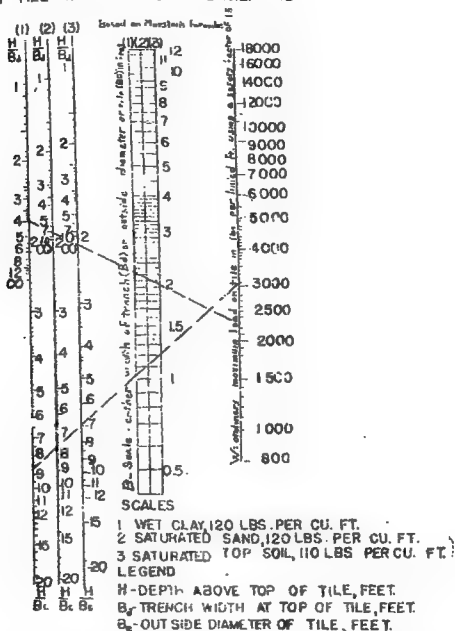
كما يمكن إيجاد الاحمال من الترموجرام بشكل ٦٤ ويستعمله مكتب الاستصلاح

الأمريكي والمثال الآتى يوضح طريقة استعماله :

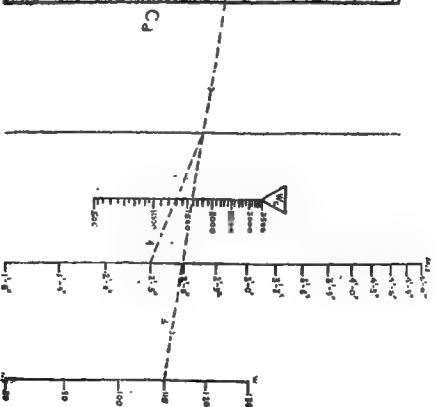
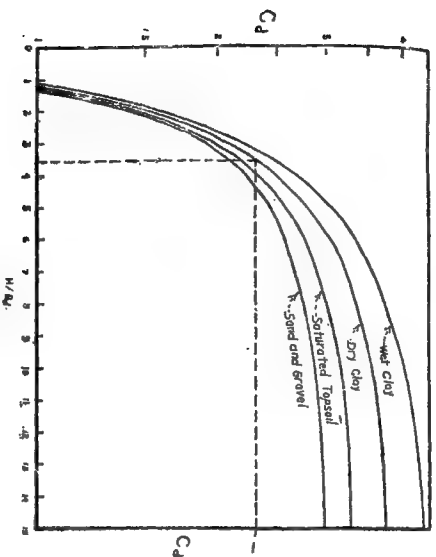
مثال :

مصرف مغلى يراد وضعه حيث الحفرة عرضة ٢,٢٥ قدم عند أعلى المدرف

NOMOGRAPH FOR CALCULATING LOADS ON TILE IN NARROW OR WIDE TRENCHES



شكل ٦٢ : نموذج لحساب الأحمال على المواسير في حالة الحفر الضيق أو الواسع.



شکل ۴۶ : نموداراممکنی الاستیلاخ الارمینی لویضاد الاحال علی المراسید

(B_d) وسلك الدم فوق المصرف (H) يساوى ٨ قدم . ومادة الدم هي الطين الجاف الذى يزن ١١٠ رطل/قدم المكعب (W).

الحل

$$١ - \text{نحدد قيمة : } \frac{H}{B_d} = \frac{8}{2.25} = 3.55 ,$$

٢ - يرسم خط رأسى يمر بالقيمة ٣.٥٥ حتى يتقابل مع المنحنى الخاص بالطين الجاف ،

٣ - من نقطة التقاطع مع المنحنى يرسم الخط الأفقى الموضح بالرقم (٢) على الشكل حتى يقابل المحور الرأسى الخاص بالمعامل (C_d) ،

٤ - توصل نقطة التقاطع بقيمة (W) على الخط الرأسى بأقصى يمين الشكل كي يقطع الخط الرأسى الخالى من الأرقام و

٥ - توصل نقطة التقاطع السابقة بقيمة (B_d) على الخط الرأسى الخاص بها كي تقطع الخط الخاص بـ (W_d) والمطلوب تحديد قيمتها .

ويراعى أن :

W_d : الحمل الرأسى على المصرف نتيجة الدم (رطل/قدم طول) ،

C_d : معامل خاص بالحمل (load coefficient) ويعتمد على نوع الدم ،

W : وزن وحدة الدم (رطل/قدم مكعب) ،

B_d : عرض الحفر عند أعلى المصرف بالقدم و

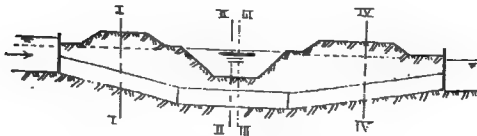
H : ارتفاع الدم فوق المصرف بالقدم .

كذلك يعطى مكتب الانحلال الامريكى الجدولين التاليين (١٢٢، ١٢٣ ب)
في حالة التربة المشبعة التي تزن ١٠٠ رطل/قدم مكعب وفي حالة الطين المبلل الذي يزن
كذلك ١٠٠ رطل/قدم مكعب، لذلك فإنه في حالة الردم الأقل وزناً ٩٠ رطل/قدم
مكعب - مثلاً تضرب أرقام الجدولين في ٠.٩، بينما في حالة زيادة وزن الردم ١١٠
رطل/قدم مكعب مثلاً تضرب أرقام الجدولين في ١.١ يمكننا

١١١ : السحارات (Syphons) :

وهي منشآت لإمرار مجارى مائية تحت أخرى ومادة تمر المياه ذات المنسوب
الأكثر انخفاضاً تحت الأخرى ذات المنسوب المرتفع، ولكن قد يخطر أحياناً
للاتعاضد في التكاليف إلى إمرار المجرى المائي ذو التقاطع الأصغر مساحة أى ذو
التصرف الأقل في السحارة.

وعادة تستعمل السحارات لإمرار مياه المصارف تحت القنوات خلال
السحارات، ولكن قد يحدث العكس إذا كان المصرف ملاحياً. ويلاحظ أنه بعد
إنشاء السحارة يظل منسوب الخلف المياه كما هو أصلاً، بينما يرتفع منسوب المياه
في الأمام بالنسبة لخروج المياه الذي يحدث لوجود السحارة، والفرق بين منسوب
الأمام والخلف يسمى النفاذ (Heading up, h) طالما كان منسوب القناع في



شكل ٦٥ . تقاطع طول لسحارة تحت مجرى مائي

Loods on drain pipe / linear ft. caused by back filling with various materials.

Saturated 1' x 1' Weighing 100 lbs/cu. ft.

H = ht. of gr. above top of pipe	B = Trench \ at top of pipe (ft)									
	1'-6"	1'-9"	2'-0"	2'-3"	2'-6"	2'-9"	3'-0"	3'-6"	4'-0"	
5'	475	580	710	830	945	1060	1170	1420	1650	
6'	530	660	795	930	1075	1210	1360	1640	1930	
7'	570	720	870	1030	1190	1355	1510	1850	2180	
8'	605	770	940	1110	1295	1475	1650	2035	2420	
9'	635	810	995	1190	1380	1580	1790	2205	2625	
10'	655	845	1045	1255	1470	1685	1910	2350	2830	
11'	675	875	1090	1305	1545	1775	2020	2500	3010	
12'	690	900	1125	1355	1610	1860	2120	2645	3185	
13'	705	920	1160	1400	1665	1930	2205	2770	3340	
14'	715	935	1180	1435	1710	1990	2285	2880	3490	
15'	720	950	1205	1470	1760	2050	2350	2980	3615	

محول ٢٣ : الأحمال على المراسم نتيجة الردم في حالة ترية سطحية مضيئة .

Wet Clay Weighing 100 lbs/cu. ft.

H = ht. of fill above top of pipe	B = Trench width at top of pipe (ft.)							
	1'-6"	1'-9"	2'-0"	2'-3"	2'-6"	2'-9"	3'-0"	3'-6"
5	530	645	765	880	1015	1125	1235	1495
6	595	735	875	1015	1160	1290	1460	1780
7	655	810	975	1135	1300	1465	1630	2030
8	705	880	1060	1185	1435	1610	1790	2285
9	745	940	1140	1245	1550	1755	1970	2590
10	785	985	1210	1360	1690	1890	2105	2800
11	815	1055	1275	1490	1735	2005	2260	3060
12	840	1080	1330	1675	1860	2110	2385	3265
13	865	1110	1375	1805	1930	2215	2515	3500
14	885	1145	1420	1905	2010	2305	2620	3890
15	905	1170	1460	1955	2075	2395	2720	4080

جدول ٢٣ ب : الأحمال على المراسم نتيجة التربة في حالة طين رطب .

For backfill weighing 90 lb/ft.³ multiply by 0.9. For backfill weighing 110 lb/ft.³ multiply load shown by 1.1, etc..

الآمام هو ذاته منسوب القاع و الخلف و تساوى (h) مقدار القاعد في المدخل
(h_e) وعند الانحناءات والتكرعات (h_{b1} , h_{b2} , h_{b3} , h_{b4}) ، والفقد نتيجة
الاحتكاك (h_f) ، وعند المخرج (h_{ex}) كما هو موضح بالمعادلة :

$$h = h_e + (h_{b1} + h_{b2}) + (h_{b3} + h_{b4}) + h_f + h_{ex} \quad [31]$$

١ - أنواع الفقد :

١ - القاعد في المدخل (Inlet) :

$$h_e = C_1 \frac{V^2}{2g} \quad \dots[32]$$

حيث :

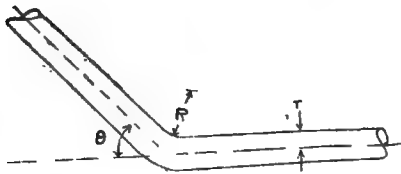
V : سرعة المياه ،

g : عجلة الجاذبية الأرضية و

C₁ : ثابت تتغير قيمته كما سبق ذكره في البرايغ .

٢ - القاعد في الانحناءات (Bends) :

$$h_b = C_2 \cdot \frac{V^2}{2g} \cdot \frac{\theta}{90^\circ} \quad [33]$$



شكل ٦٦ : انحناء المسورة مبين عليه زاوية الانحناء $\frac{\theta}{90^\circ}$ وقرص الانحناء R.

وتعتمد قيمة الثابت (C_2) على المقدار $(\frac{r}{R})$ (نصف قطر الانحناء) (نصف بعد السحابة)
والذي يسمى تقوس الانحناء (Curvature of bend) وتحدد من الجدول:

r/R	٠.٢	٠.٣	٠.٤	٠.٥	٠.٦	٠.٧
C_2 (Pipes)	٠.١٤	٠.١٦	٠.٢	٠.٣	٠.٤٤	٠.٦٦
C_2 (Syphons)	٠.١٥	٠.١٨	٠.٢٥	٠.٤	٠.٦٤	١.٠١

جدول ٢٤ : بعض قيم (C_2) أى ثابت لتقوس الانحناء

٣- الخسائر في التكوع (Elbow) :

$$h_{el} = C_2 \cdot \frac{V^2}{2g} \quad \dots[34]$$

وتعتمد C_2 على الزاوية θ كما هو موضح بجدول ٢٥ :

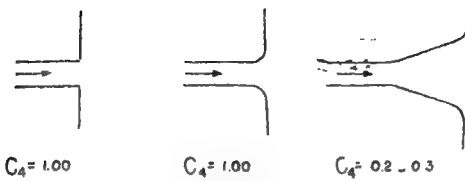
θ	٩٠°	١٠٠°	٩٠°	٨٠°	٩٠°	٤٠°	٢٠°
C_2	١.٧٨	١.٢٧	١.٠	٠.٧٥	٠.٢٢	٠.١٤	٠.٠٣

جدول ٢٥ : بعض قيم لزاوية التكوع (θ) .

٤- الخسائر عند المخرج (Exit) :

$$h_{ex} = C_4 \frac{V^2}{2g} \quad \dots[35]$$

وتعتمد (C_4) على شكل المخرج كما هو موضح بشكل ٦٧ .



شكل ٦٧ : ثلاثة أنواع مخارج المياه .

٥ - الماء نتيجة الاحتكاك :

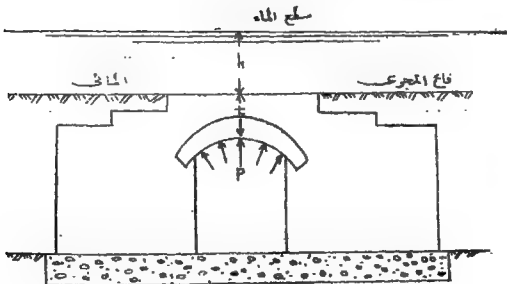
$$h_f = \left(\frac{f \cdot L}{m} \right) \frac{v^2}{2g} \quad \dots [36]$$

حيث :

٤ : معامل الاحتكاك والسابق تحديده في حالة البرايخ .

ب - أنواع السطوح كالآتي :

١ - سطوح من الطوب :



شكل ٦٨ : سقارة من الطوب .

ويحدد سمك عقد المباني (٤) من المادة :

$$p = v_{\omega} \cdot h = v_m \cdot t \quad \dots [37]$$

حيث :

h : عمق المياه بالجري المائي العلوي ،

v_{ω} : الوزن النوعي للماء يؤخذ عادة ١ طن/م^٣ ،

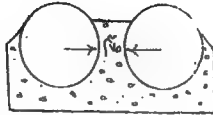
v_m : الوزن النوعي للطوب يؤخذ عادة ٢ طن/م^٣ و

p : الحمل أو الضغط الذي يتأمله عقد مباني الطوب .

كما تصمم الفرشة الخرسانية كدعامة محملة بسيطة (Simple supported beam) مع اعتبار أن القيد للمسحوك به لمباني الطوب لا يجب أن يزيد عن ٠.٥ كجم/م^٢ . وكثيراً ما نحتاج سحارات مباني الطوب أعماقاً كبيرة لأساساتها وأبعاد كبيرة لها بما يكلف مبالغ باهظة ،

٢ - صعوبات من تحديد الصلب : كل شكل موصى به :

تتمثل ألواح سمك $\frac{3}{8}$ " أو $\frac{1}{2}$ " توصل أو تلاحم مع بعضها لتتكون الشكل المطلوب بالأبعاد المطلوبة ، ويفضل أن تقسم المواسير الصلب أو تنلف بالخرسانة غماطاً من الصداً وتلاشى عروق الانشاء في حالة التربة الضعيفة . أما في حالة تربة الرملية فقد توضع المواسير على دعائم خرسانية أو على فرشة خرسانية كاملة بطول المواسير ، وإذا اضطرر إلى استعمال أكثر من ماسورة واحدة لكبر التصرف فتوضع أكثر من واحدة بحيث لا تقل المسافة بين كل اثنين منها عن ٥ م ، كما هو موضح بالشكل .



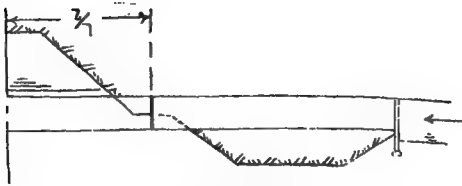
شكل ٦٩ : سحارة على شكل مواسير من الحديد
مغموسة في خرسانة عادية .

٣ - مواسير من الخرسانة العادية أو المسلحة:

وتراعى حيثئذ نفس القواعد التي سبق ذكرها في البرابغ ، كما يجب مراعاة
عمل نظام مناسب لفواصل التمدد (Expansion Joints) ، وقد وجد أن المواسير
أكثر اقتصاداً في حالة عدم زيادة القطر عن ١٢ إلى ١٥ سم ، ولا فيجب استعمال
الصادق الخرسانية المقفلة التي تصمم قطعاتها على أسوأ الاحتمالات ، إذ يؤخذ في
الاعتبار حالتين : الأولى لقطعاهين (I - I ' II - II ') (انظر شكل ٦٥)
إذا كان المجرى للماء العلوى مملوءاً بالمياه ولا توجد مياه تجري بالسحارة ،
والثانية لقطعاهين (III - III ' IV - IV ') إذا كانت السحارة مملوءة بينا
المجرى للماء العلوى خال من المياه . كما تؤخذ السرعة داخل السحارة ما بين
١ ، ٢ م / ثانية لتفادي حدوث أى ترسيب أو نحر في التقاطع .

٤ - القنات (Aqueducts):

وهي منشآت من أجل إمرار مياه مجرى مائى فوق مياه الآخر ، وتنفذ من
الطوب أو الحديد أو الخرسانة ، ويصمم الجزء تحت الأرضية حسب ما ذكر في
البرابغ . أما الجزء الأوسط بطول (٢٠) مثلاً فيصمم كما لو كان كمرية محملة
فوق دعامتين (أو أكثر إذا كان الطول كبيراً) ومحملة بوزن البدالة والمياه



شكل ٧٠: تقاطع طول لبدالة.

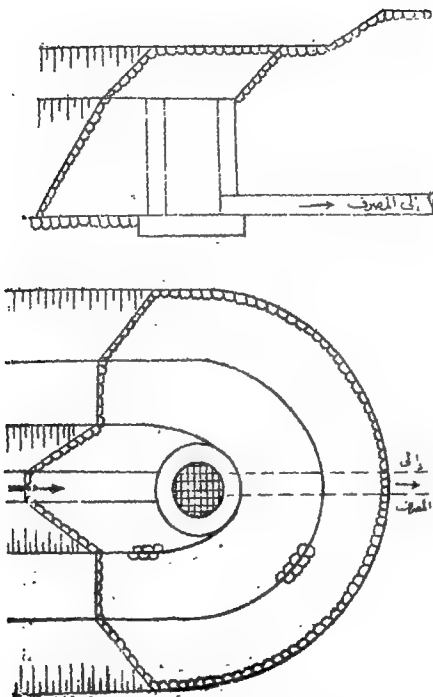
داخلها وأى أحال فوقها إذا أريد استعمالها ككوبرى، والبدطات قد تكون من الطوب أو الخوازيق الخرسانية أو الحديدية أو الاعمدة، ومن الضروري وضع فواصل التمدد بين الجزء الأوسط وطرفي البدالة.

وأيضا - مصبات النهاية (Tail escapes) :

وتنشأ بنهايات الترع كى تصب مياهها فى المصارف أو لتفريغ مياه الترع بالمصارف كما هو موضح بالشكل ٧١ .

خاصة - المدخل (Inlets) :

وتعمل من المواسير المعدنية الممرجة (Corrugated metal pipe) مع اتخاذ معامل خشونة ($n = 0.021$) ، وقد تكون المواسير مختلفة (Galvanized) أو مسفلتة (Asphalt dipped) أو ملفوفة بالأسبستوس (Asbestos bonded) حنطب تعرضها لتآكل أو الصدأ، ويراعى ألا يقل قطر المواسير عن ١٨ بوصة من أعمال التنفيل والعتالة ، كما يجب ألا تزيد السرعة عن ٣٠ متر / ثانية ، وألا يقل الانحدار عن ٠.٠١ ، وأن تمتد نهاية الماسورة ٣٠ سم داخل سطح المياه بالمصرف الذى يتلقى المياه من الماسورة حتى لا يحدث



شكل ٧١ : نطاق طول ومقطع أفقي لحسب نهاية.

أى نهره وأن يرتفع الراسم السفلى للأسورة حوالي ٤ سم فوق سطح الماء. ويمكن استعمال أكثر من بأسورة إن لزم الأمر، ويحسن إلقاء بعض الأحجار أو عمل تكسية تحت المواسير أو عمل بعض الأساسات (Riprap) والألجنة في حالة الإنشاءات الكبرى ويرد فوق المواسير بسمك ٢٠ سم على الأقل يكامل أطوالها.

سلسلة - مساقط المياه :

وتستعمل في حالة الانحدارات الكبيرة لسطح الأرض ومنها الإنشاءات ذات الانحدار الكبير المنتظم (Chute structures)، ومنها التي تنزل المياه فجأة ويستعمل عادة الآتي :

فرق السقوط (بالسم)	نوع الإنشاءات
صفر - ٦٠	لا إنشاءات
٦٠ - ١٥٠	مسقط مفاجيء ذو وكالز محففة (Cascade drop with sheet piling)
أكبر من ١٥٠	قاعدة معطلة (Baffled apron)

جدول ٢٦ : استعمال إنشاءات مساقط المياه .

طرق ليس التصريف :

أولاً - مبيات المياه (Flumes) :

ويسمى (Venturi - flume) إذا قلت السرعة فيه عن السرعة الحرجة، ويعتمد التصريف حينئذ على الفرق بين مستويي المياه في القطاع الضيق والقطاع الواسع، أما إذا زادت السرعة في وقبة (Throat) المسيل عن السرعة الحرجة، فإن

المسيل يسمى، (Standing wave) أو (Critical depth flume)، وفي هذه الحالة لا يتأثر عمق المياه عند المدخل بأي تغييرات عند مخرج المياه حتى تزيد نسبة النفاطس (عمق المياه في المخرج/ عمق المياه في المدخل) عن ٠.٧٠ .

ولإيجاد التصرف تستعمل المعادلة :

$$Q = C_d \cdot b \cdot h^{3/2} \quad \dots [38]$$

حيث :

Q : التصرف ،

b : عرض الرقبة ،

h : العمق عند المدخل و

C_d : معامل التصرف وهو ثابت يجب معايرة المسيل عمليا لإيجاد قيمته والنوع

الشائع الاستعمال هو المسمى (Parshall flume) كما في الشكل ٧٢ . حيث

أبعاده كالآتي :

W : حجم المسيل أو عرض الرقبة ،

A : طول الجناح عند انقطاع التقارب (Converging section) ،

$A/2$: المسافة من بداية قاعدة للمسيل حتى نقطة قياس العمق ،

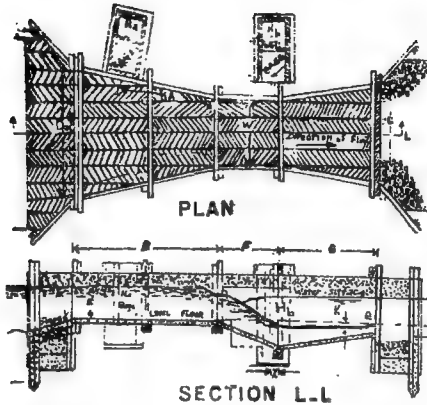
B : طول انقطاع التقارب عند المحور ،

C : عرض المسيل عند مخرج المياه ،

D : عرض المسيل عند مدخل المياه ،

E : ارتفاع المسيل ،

F : طول الرقبة ،



شكل ٧٢: قطاع طول ومقطع أفقي لمسيل مياه نوع (Parshall flume)

G : طول المقام المتباعد (Diverging section)

K : الفرق بين منسوب النهاية المفلح المسيل وقاعدته ،

N. عن الانخفاض في رتبة الميل تحت القاعدة ،

X : المسافة الأفقية من النهاية السفلى للرقبة حتى نقطة التماس (H_d) و

Y : المسافة الرأسية من النقطة السفلى بالرقبة حتى نقطة القياس (H_d).

ومعادلة المخل هي:

$$Q = 4 W h^{1.522} W^{0.026} \quad [39]$$

حيث : h : عمق المياه جهة مدخل المياه عند نقطة القياس وذلك للميلات التي

لها نسبة غاطس أقل من ٧٠٪.

والحدول يسطى ابعاد وقدرات سيلات متعددة كثر استعمالها كالآتى :

W	A	%A	B	O	D	E	F	G	K	N	X	Y	Free flow capacity	
													Max- mum	Min- mum
lit. In	Pt. In	Pt. In	Pt. In	lit. In	Pt. In	Pt. In	Pt. In	Pt. In	lit. In	lit. In	lit. In	lit. In	Sec. ft	Sec. ft.
-	3	1	8 ³ / ₄	1	0	10 ⁷ / ₁₆	1	4 ¹ / ₁₆	1	2 ¹ / ₄	1	1 ¹ / ₂	1.1	0.08
-	6	2	7 ¹ / ₁₆	2	1	3 ⁵ / ₈	2	0 1	3	4 ¹ / ₈	2	3	8.0	0.06
-	9	2	16 ³ / ₈	2	1	10 ³ / ₈	2	6 1	3	4 ¹ / ₈	2	3	8.8	0.09
1	4	8	8	4	2	9 ¹ / ₄	3	0 2	3	9	2	3	18.1	0.35
1 ¹ / ₂	4	9	8	4	2	4 ³ / ₈	3	0 2	3	9	2	3	24.6	0.51
2	5	8	8	4	3	10 ⁷ / ₈	3	0 2	3	9	2	3	93.1	0.66
3	5	8	8	5	3	4 ³ / ₄	3	0 2	3	9	2	3	50.4	0.97
4	6	8	8	5	3	10 ⁵ / ₈	3	0 2	3	9	2	3	67.9	1.26
6	7	4	4	6	3	10 ³ / ₈	3	0 2	3	9	2	3	103.5	2.63
8	8	5	4	7	3	10 ¹ / ₈	3	0 2	3	9	2	3	189.5	4.62

Table 27 : Dimensions and Capacities of the Parshall flume, for various throat widths: W.

وزايا صيولات المياه هي :

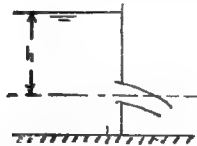
- ١ - تستهلك ضاغطاً صغيراً بالنسبة للهدارات أوعدادات القياس الميكانيكية ،
- ٢ - يمكنها إمرار جميع المواد العالقة (حتى الصخور) ،
- ٣ - ليست في حاجة إلى معايرة لطء استهلاكها و
- ٤ - لا تحتوى على أجزاء متحركة .

والعيب الوحيد لها هو أنها لا يمكنها قياس التصرفات العنيفة جداً والتي في حدود ٥ ٪ من التصرفات المعتاد استعمالها في الحقل .

نانياً - قياس التصرف باستعمال الثقب والفتحات والهيدونات :

وهي عبارة عن إنشاءات عبر المصارف أو المساق لكل منها قانون يحدد تعرف المياه داخل المجرى المائي المعرضة فيه كالآتي :

١ - ١ - الثقب الصغيرة (Small orifices) :



شكل ٧٣ : ثقب صغير (Small Orifice)

$$Q = C_d \cdot a \sqrt{2gh} \quad [40]$$

حيث :

Q : التصرف ،

a : مساحة الفتحة ،

h : فرق منسوب المياه عن المحور الأفقي للفتحة كما هو موضح بالشكل ،

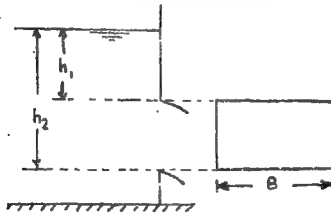
g : عجلة الجاذبية الأرضية و

C_d : ثابت يسمى معامل التصرف ويعتمد على شكل الفتحة ومقدار (h)

والثابت يساوى ٠,٦٤ - ٠,٦٤ عادة.

١ - ٢ - الثقب الواسع (Large orifice) :

$$Q = \frac{2}{3} C_d B \sqrt{2g} (h_2^{3/2} - h_1^{3/2}) \quad \dots [41]$$



شكل ٧٤ : ثقب واسع (Large orifice)

حيث :

h_1 ، h_2 : ارتفاعات منسوب المياه عن الشفة العليا وال سفلى للفتحة ،

B : عرض الفتحة و

C_d : معامل التصرف وتحدد بالمعايرة .

والخطأ في معاملة أى فتحة عريضة كنتحة صغيرة يمكن تحديده بفرض أنه :

$$h_s = m \cdot h_i \quad \dots[42]$$

وبذلك فإن النسبة بين التصريف لكل منها هي :

$$\frac{Small}{Large} = \frac{(m-1)\sqrt{m+1}/s}{\frac{2}{3}(m^{3/2} - 1)}$$

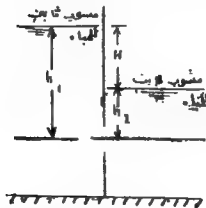
والجدول يبين نسبة الخطأ لقيم مختلفة من (m) :

m	5	3	2
% error	2	1	0.5

جدول ٧٨ : نسبة الخطأ في معاملة الفتحة المربعة كفتحة صغيرة .

ومن الجدول يتضح أنه إذا زادت النسبة (m) عن ٢ فن الضرورى معاملة الفتحة على أنها واسعة .

٣ - أنبوب الغاطسة (Submerged orifices) :



شكل ٧٩ : ثقب غاطس (Submerged orifice).

$$Q = C_d \cdot a \sqrt{2g(h_1 - h_2)} \quad \dots[43]$$

حيث :

C_d : معامل التصرف ويساوى ٠,٦٠٦ ،

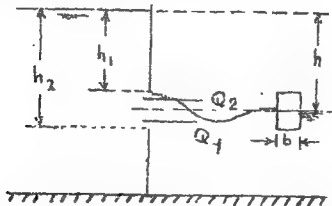
B : مساحة الفتحة ،

h_1 : منسوب المياه أمام الفتحة و

h_2 : منسوب المياه خلف الفتحة .

٤ - التتويب المنخفض جزئيا

; (Partially drowned or submerged orifices)



شكل ٧٦ : ثقب غاطس جزئيا (Partially submerged orifice)

من المعادلة ٤٣ الفتحات الناطقة :

$$Q_1 = C_d B (h_2 - h) \sqrt{2g h}$$

ومن المعادلة ٤٤ الفتحات الصغيرة

$$Q_2 = C_d B (h - h_2) \sqrt{\left(\frac{h_1 - h}{2}\right) 2g}$$

وبذلك يكون التصرف الكلي كالآتي :

$$Q = Q_1 + Q_2 .$$

...[46]

٥ - سرعة التقارب (Velocity of approach)

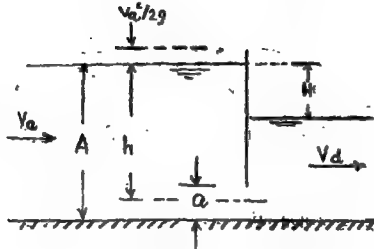
لحساب التصريف بدقة تدرج سرعة التقارب V_a (Velocity of approach) وهي السرعة أمام الفتحة وتساوى :

$$V = \frac{Q}{A} \quad \dots [45]$$

حيث :

Q : التصريف و

A : مساحة التقاطع أمام الفتحة .



شكل ٧٧ : ثقب غاطس مبين أمامه سرعة التقارب .

ولإدراج هذه السرعة يتبع الآتي :

- ١ - تهمل مبدئياً سرعة التقارب (V_a) أو يحصل على التصريف التقريبي ثم يحصل على سرعة التقارب من المعادلة (٤٥) و

٢ - يحسب التصريف بعد إضافة $(\frac{V_a^2}{2g})$ على الضاغط كالآتي :

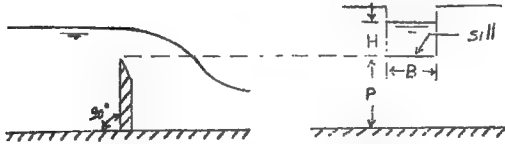
$$Q = C_d \cdot a \sqrt{2g(H + V_s^2/2g)}$$

وبالتدوين من (V_s) قيمتها التي تساوى (Q^2/A^3) نجد أن :

$$Q = C_d \cdot a \sqrt{2gH/(1 - C_d^2 a^2/A^3)} \quad \dots [46]$$

ويمكن الفتحات أن تكون مثلثة الشكل أو مستطيلة أو مربعة أو دائرية .

٦ - الفتحات المستطيلة أو على شكل (U) (Rectangular notch) :



شكل ٧٨ : فتحة مستطيلة (Rectangular notch)

$$Q = C_d \cdot \frac{3}{2} B \sqrt{2g} H^{3/2} \quad \dots [47]$$

حيث :

$$C_d = 0.623 \frac{(B - \frac{\pi}{8})}{B} \quad \dots [48]$$

B : العرض ،

H : ارتفاع المياه فوق قاعدة الفتحة وتقاس على مسافة من الفتحة وتقاس

على مسافة الفتحة تساوى (3H) :

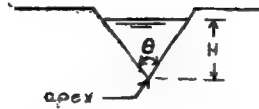
٧ - الفتحات المثلثة أو على شكل (V) (V - notch) :

$$Q = C_d \cdot \frac{8}{15} \tan \frac{\theta}{2} \sqrt{2g} H^{5/2} \quad [49]$$

زى حاة $\theta = 90^\circ$:

$$Q = 2.49 H^{3.68} \text{ ft. system} \quad [50]$$

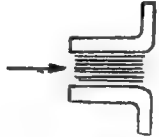
$$= 14.7 H^{3.68} \text{ c.g.s. system} \quad [51]$$



شكل ٧٩ : فتحة مثانة (V-notch) .

٨ - الفتحات المستطيلة غير ذات الاختناق التامى أو ذات الاختناق الطموس

(Rectangular weir without end contraction (Suppressed contraction)) :



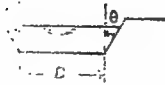
شكل ٨٠ : فتحة مستطيلة غير ذات اختناق متامى أو ذات اختناق طموس

(Rectangular weir without end contraction (Suppressed contraction)) .

٩ - فتحات على هيئة شبه منحرف (Trapezoidal weir) :

$$Q = C_{d1} \cdot \frac{2}{3} B \sqrt{2g} H^{3/2} + C_{d2} \cdot \frac{8}{15} \tan \frac{\theta}{2} \sqrt{2g} H^{5/2}$$

..[.52]



شكل ٨١: مدار على هيئة شبه منحرف (Trapezoidal weir).

١٠ - مدلو - بيويتي (Cippoletti weir) :

وهو مدار على هيئة شبه منحرف غير أن ظل الزاوية $\theta = \frac{1}{4}$ وبذلك يكون التصريف :

$$Q = \frac{2}{3} C B \sqrt{2g} H^{3/2} \quad \dots [53]$$

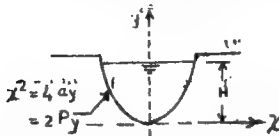
١١ - مدار مدرج (Stepped weir) :



شكل ٨٢: مدار مدرج (Stepped weir).

ويمكن معاملته كالمدار المستطيل أو الفتحة على شكل مستطيل .

١٢ - على هيئة قطع مكافئ (Parabolic weir) :



شكل ٨٣: مدار على هيئة قطع مكافئ (Parabolic weir).

$$Q = 1.512 P^{0.475} H^3 \quad \dots[64]$$

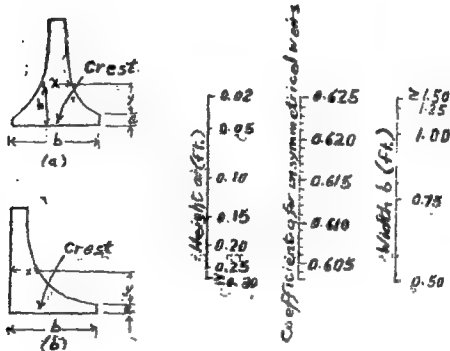
حيث :

$$P = \frac{x^3}{2y} \quad \dots[65]$$

$$= 0.1 \text{ ft} \rightarrow 0.2 \text{ ft.}$$

١٧- مدار ستروم ذو التغير المتناسب مع الضاغط :

(Proportional flow of Suto weir)

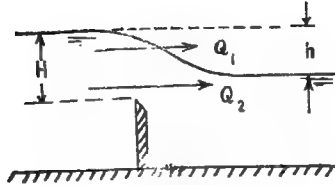


شكل ٨٤ : مدار ستروم ذو التغير المتناسب مع الضاغط (P) أو (Q).

وهو على هيئة متناقلة أو غير متناقلة وفي كلتا الحالتين فإنه التجزئة تناسب

طريقاً مع الضاغط ومعادلة حدوده المنحنية هي :

$$\frac{x}{b} = 1 - \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \sqrt{\frac{a}{y}} \quad \dots[66]$$



شكل ٨٥ : مدار غارق (Drowned weir).

وتسمى أحيانا المعادلة الحجمية (Volumetric equation).

حيث :

Q' : التصرف في حالة نفس الضاغط وعدم وجود غطس ،

S : نسبة الغاطس أى النسبة بين منسوب المياه أمام و خلف الدمار بالنسبة و

B : عرض المدار .

١٥ - مدار ذو القاعدة العريضة (Broad crested weir) :



شكل ٨٦ : مدار ذو قاعدة عريضة (Broad crested weir)

$$H = C_d B y \sqrt{2g (H - y)} \quad [62]$$

ومن أجل الحصول على الحد الأقصى التصرف يجب أن يساوى الضاغط فرق

قاعدة الدمار $\frac{2}{3}$ الضاغط في الأمام وبذلك يكون التصرف :

$$Q_{max} = C_d \frac{2}{3} B \sqrt{2g} H^{3/2} \quad [63]$$

وتعتمد قيمة (C_d) على الشاغل وعلى عرض المندار (W) :

$$H < \frac{1}{4} W \quad \text{فإن كانت}$$

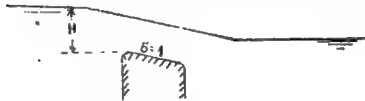
$$C_d = 0.47 \quad \text{فإن}$$

$$H > 1.5 W \quad \text{أما إذا كانت}$$

$$C_d = 6.0 \quad \text{فإن}$$

والملحوظ أنه إذا كانت نسبة الشاغل أكبر من $\frac{1}{4}$ فإن التصريف يقل بمقداره.

١٦- — منداز ذو موجة واقفة (Standing wave weir) :



شكل ٨٧ : منداز ذو موجة واقفة .

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} B \sqrt{2g} H^{3/2} \quad [64]$$

وقد وجد عمليا أن التصريف يساوى :

$$Q_s = 2.05 B H^{3/2} \quad [65]$$

ولا يظهر التصريف إذا قل الشاغل عن ٧٠٪ .

ويقل التصريف كالآتي :

نسبة الغاطس	نسبة انخفاض التصريف
٪ ٧٠	٪ ١
٪ ٧٥	٪ ٢
٪ ٨٠	٪ ٤
٪ ٨٥	٪ ٧

جدول ٢٩ : انخفاض التصريف مع زيادة الغاطس لمدار ذو موجة واقفة
(Standing wave weir).

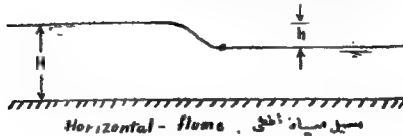
وأنواع خاصة من هذه المدارات ، سيلان المياه السابق شرحها والمسمى
(Venturi flumes) وأنواعها كالآتي :

١- سيلان مبنائية (Horizontal - flume) :



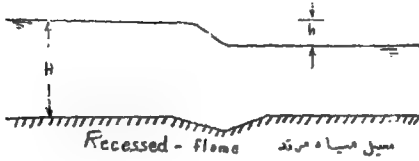
شكل ٨٨ : مسيل مياه متأكد

ii - سيلان أفقية (Flumped flume) :

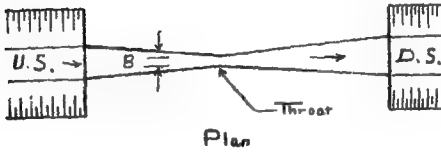


شكل ٨٩ : مسيل مياه أفقي

iii - مسيلات مرفقة (Recessed - flume) :



شكل ٩٠ : مسيل مياه مرتد.



شكل ٩١ : مقطع أفقي لأنواع المسيلات المختلفة.

ويمكن إيجاد التصريف كالآتي :

$$Q = C_d B \sqrt{2g H^3/3} \quad [88]$$

حيث :

B : عرض الاختناق ،

H : الارتفاع ر

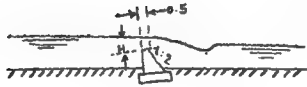
$$C_d = 0.98$$

كما يمكن إيجاد التصريف بالمعادلة الآتية إذا قلنا أن من ٩٠ ٪ :

$$Q = 0 \cdot H^{1.5} \quad [87]$$

١٧ - حدار الفيوم :

ويستعمل في مصر ومعادله كالاتي :



شكل ٩٢ : حدار الفيوم

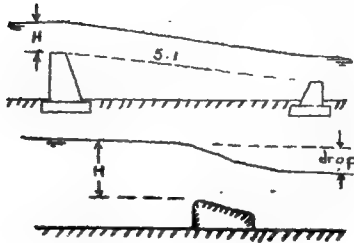
إذا كان الضاغط حتى ٠,٥ متر فإن التصريف للمتر الطولي من الحدار يساوي:

$$Q = 1.652 H^{1.54} \quad [88]$$

أما إذا كان الضاغط من ٠,٥ حتى ١,٠ متر فإن التصريف للمتر الطولي يساوي:

$$Q = 1.9565 H^{1.72} + 0.14 H \quad [89]$$

١٨ - حدار مصري ذو موجة واحدة :



شكل ٩٣ : حدار مصري ذو موجة واحدة

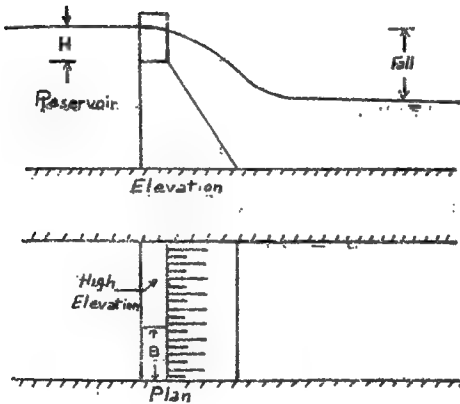
والنصرف هو:

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} B \sqrt{2g} H^{3/2} \quad [70]$$

أو النصرف المتر الطولي من عرض المنار يمكن إيجاده عليا كالتالي:

$$q = C \cdot H^2 = 2.05 H^{1.6} \quad [71]$$

١٩ - مدار ساكب (Spillway weir):



شكل ٩٤: مدار ساكب (Spillway weir).

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} B \sqrt{2g} H^{3/2} = C \cdot B H^{3/2} \quad [72]$$

حيث:

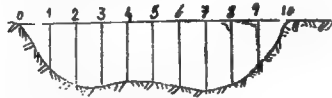
B : عرض قاعيد المنار إلى تبرزنها المياه،

H : الضاغط ،

C_d : معامل التصريف و

C : ثابت يمكن إيجاداه عمليا .

لذلك : ليس التصريف بعد له بعد السرعة يختلف أجزاء القطاع العرضي :



شكل ٩٥ : قطاع عرضي لتصريف عمومي قسم إلى أجزاء طولية متساوية .

وفي هذه الحالة تحدد السرعة المتوسطة لكل جزء من القطاع وتحدد مساحة كل جزء ، وتقاس السرعة بجهاز قياس السرعة المسمى (current meter) في نقطة واحدة من العمق عند ٠,٦ مته ، أو تقاس عند نقطتين : عند ٠,٢ مته وعند ٠,٨ م من العمق .

وهناك نوعان من جهاز قياس السرعة ، الأول (Screw current meter) حيث سرعة الدوران دالة للسرعة والثاني من النوع ذو القنطرة (Cup type) ، ولا بد لكل من نوعي الجهاز أن يعاير بعد استعماله لمدة ٣٦ ساعة لرسم خط السرعة مع عدد القنطرات في الدقيقة .

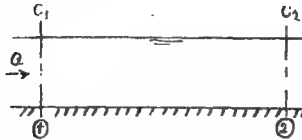
وأخيرا : لقياس التصريف بعد تحديد السرعة بالعوامات (Floats)

وتستعمل هذه الطريقة في حالة صغر القطاع ، والرمات إما سطحية أو تحت سطحية Subsurface أو على هيئة (rod) ، وتحسب السرعة بقسمة المسافة التي سارتها العوامة على الزمن .

خاصة : الطرق الكيميائية :

وتستعمل المعادلة : $Q C_1 + q . c = (Q + q) c_2$

$$Q = \frac{c - c_2}{c_2 - c_1} q \quad (78)$$



شكل ٩٦ : قطاع طولى للمصرف ألق عند التقاطع (١) منه محلول به صبغة .

حيث :

q : مصرف المحلول ذو الصبغة ،

Q : المصرف بقطاع المصرف ،

C : تركيز الأملاح بالمحلول ذو الصبغة عند التقاطع (١) (كجم/متر^٣) ،

C_1 : تركيز الأملاح بمياه للمصرف عند التقاطع (١) و

C_2 : تركيز الأملاح بمياه المصرف عند التقاطع (٢) .

أسئلة على الباب الثالث

- (١) كيف ننشأ مشاكل الصرف السطحي؟ أذكر بعض الحالات التي يحدث فيها ذلك .
- (٢) أذكر الفرق بين المصارف الحقلية والمصارف المسامة كويين من المصارف المكشوفة .
- (٣) ماذا تابع عند تخطيط المصارف المكشوفة في الأراضي المنخفضة؟ وضع برسم تفصيلي .
- (٤) قطعة أرض انحدارها منتظم وفي اتجاه واحد . ارسم تخطيطاً للمصارف المكشوفة بها إذا كان :
 - أ - الانحدار كبيراً و
 - ب - الانحدار صغيراً .
- (٥) منطقة استصلاح يراد إنشاء شبكة مصارف مكشوفة بها . ارسم - مع بيان الأبعاد - التخطيط العام للمصارف والمساقى بها .
- (٦) بين الملاحظات العامة الواجب مراعاتها عند تخطيط المصارف المكشوفة .
- (٧) متى تستعمل المصارف الراشحة (Seepage drains) ولماذا ؟
- (٨) ماهي المصارف المساعدة (Auxiliary drains) ومتى يلجأ لاستعمالها؟
- (٩) ماهي المصارف العمياء ومتى يلجأ لاستعمالها؟
- (١٠) أذكر باختصار العوامل التي تعتمد عليها المسافة بين المصارف .
- (١١) لتبسط قانون دوتون ، لتحديد المسافة بين المصارف موضحاً إيجابتك برسم كروكي .

(١٢) ما هما فرعى دينوى فورشيمر لى أجل صحة قانون د دونان ،

(١٣) أكل العبارات الآتية :

أ - كلما زاد معامل التوصيل الهيدرولى المسافة بين المصارف .

ب - إذا زادت مياه الرى أو الأمطار البعد بين المصارف .

ج - إذا عمق المصارف المسافة بين المصارف .

(١٤) حدد المسافة بين مصرفين إذا أعطيت البيانات الآتية :

عمق الطبقة السماء من قاع المصرف ٣,٩٠ متر ،

عمق المياه بالمصرف لا يزيد عن ٠,٢٠ متر ،

عمق الطبقة السماء عن سطح الأرض ٥,٥٠ متر ،

معامل التوصيل الميعرولى $(2,4 \times 10^{-4})$ متر/يوم ،

ارتفاع مياه الرى والمطر المطلوب التخلص منها ٢٠ متر/يوم .

أقل عمق لشرب المياه الأرضية بين مصرفين ٠,٥٠ متر .

(١٥) أكمل : ينفذ الصرف السطحي من أجل الأغراض الآتية :

..... و و

(١٦) حدد الفواصل التى يتوقف عليها عمق المصارف .

(١٧) ضع علامة صح أو × أمام العبارات :

أ - تحتاج التربة الرملية لمصارف عمقها أكبر من التربة الطينية ،

ب - تحتاج التربة الطينية للمصارف عمقها أكبر من التربة الرملية ،

ج - تحتاج التربة الطينية للمصارف عمقها أقل من التربة الطينية ،

د - يزيد المحصول بدرجة كبيرة كلما زاد عمق المصارف فى التربة الرملية ،

- ٥ - يريد المحصول بدرجة كبيرة كلما قل حق المصارف في التربة الطليقة و
٦ - يقل المحصول بدرجة كبيرة كلما قل حق المصارف في التربة الطليقة .

(١٨) أكل العبارات :

أ - يريد انحدار قاع المصارف كلما حجمها حتى تكون العروة متباعدة
بطول المصرف :

ب - تعتمد الميلو الجمانية على : ١- ٢- ٣-

ج - يبين على التتابع المائل : ١- ٢- ٣-

٤- ٥-

(١٩) اوسم تخطيط نموذجيا المصرف مكثيف بميتادليه : عرض التتابع
المتبع في كل من مجسورات العروة الأولى حتى الرابعة ، وانحدار التتابع ،
وطول المصرف .

(٢٠) وضع بالرسم الأشكال المختلفة التي يتخذها قطاع المصرف . وماذا
تسمى باستعماله ولماذا ؟ .

(٢١) ماذا تعرف عن رقم فراوده *Froude* ؟ .

(٢٢) اشرح كيف يمكن أن يكون قطاع المصرف ذو كفاءة عالية وكيف
يكون اقتصاديا ؟ وضع بالمعادلات .

(٢٣) ما هي العوامل التي تحدد كمية مياه الصرف ؟

(٢٤) لماذا تنفذ الجسور والمسطح رغم شغلها لمساحات كبيرة
من الأرض ؟

(٢٥) احسب قطاع مصرف زمامه ١٠٠٠٠ فدان إذا كان معامل المصرف يقدر بحوالى ٢٢,٢ م^٢ / فدان / يوم . افترض مئزاه من فروض مناسبة لاستنتاج المطلوب .

(٢٦) ماهى أصعب الحالات المتوقعة مواجهتها عند تصميم مصرف كبير الحجم ؟

(٢٧) ماذا يقصد بالآتى :

أ - الجريان السطحي ،

ب - شدة المطر ،

ج - فترة استمرار المطر ،

د - تردد المطر ،

هـ - فترة التركيز و

و - معايير الفائض .

(٢٨) احسب أقصى معدل للجريان السطحي مستملا « الطريقة المنطقية ،

إذا كانت المساحة المراد صرفها ٢٠٠٠ إيكتر ، وشدة المطر القصوى هى ١٠ بوصة / ساعة للمساحة .

(٢٩) احسب مساحة قطاع المصرف المطلوب للسعة السابقة مستملا

قانون «تاليس» .

(٣٠) احسب التصريف بمصادلة «بركلى - زيجلر» لنفس المساحة السابقة

إذا كان انحدار المصرف هو ٢ قدم لكل ١٠٠٠ قدم .

(٣١) لماذا تفتأ البرايغ وما أنواعها ؟

(٣٢) ماذا يقصد بالسحارات ؟ اشرح أنواع التفقد بها وأنواعها .

- (٢٢) ماهى البدالات، ومصبات النهاية، والمداخل؟ وضع إجابتك بالرسم :
- (٢٤) اشرح نمطه و- امل لقياس التصرف بالمصارف .
- (٢٥) ما تأثير سرعة التقارب « Velocity of approach »، على التصرف؟
اشرح كيف تحسب السرعة لإيجاد التصرف .
- (٢٦) ما الفرق بين الفتحات المثثة والمستطيلة ؟
- (٢٧) متى يفضل استعمال هدار سترو لقياس التصرف ؟ ولماذا ؟
- (٢٨) أكل : أقل اعتماد للمصارف هو/..... لأصغر المصارف حجما ،
و لأكبر المصارف حجما .

الفصل الرابع

المصارف المغطاة « Tiles »

طبعة :

تفقد المصارف المغطاة سواء الرئيسية « Mains » أو الطوال « Trunk drains » أو المجمعات « Collectors » أو الفرعية « Submains » أو الحفليات « Laterals » من أجل التحكم في مستوى الماء الأرضي والأملاح عن طريق التخلص من المياه الأرضية . والمعروف أن سلوك ومنسوب الماء الأرضي في المساحات المروية يتأثران بنظام ومناوبات الري وكية المياه المنسوبة إلى الأعماق الضحلة وإلى الأعماق البعيدة ، كما يتأثران بالصفات الطبيعية لطبقات التربة المختلفة ، مثل سلك هذه الطبقات وعمقها وترتيبها وحجم المسام بها ، ومدى اتصال هذه المسام ببعضها . علاوة على ذلك فإن هذا السلوك والمنسوب يتأثران أيضا بالموقع الجغرافي والمسابط الطبيعية أو الصناعية التي ستخرج منها مياه الصرف إلى خارج المساحة المطلوب صرفها وإلى حيث يلقى بها .

ونظراً للتقدم الكبير في الآلات الخاصة بصناعة المواسير وتنفيذ المصارف بالحقل حيث تقوم الآلة بأعمال الحفر ووضع المواسير وتغليفها بالمرشحات ثم الردم عليها - فقد أدى ذلك إلى خفض تكاليف الإنشاء كثيراً وسهولة التنفيذ ودقته .

مزاياء الصرف المنطى .

بالمقارنة بين نظامى الصرف المنطى والصرف المكشوف فإنه يمكن استخلاص الآتى :

١ - توفر المصارف المنطسية من ١٠ إلى ١٥ ٪ من المساحة المزروعة ، والمفروض أن تشغلها المصارف المكشوفة أى ما يوازى ٧٥٠ ألف فدان من الأراضي الزراعية في مصر ، قيمتها أكثر من ٢٠٠ مليون جنيه ،

٢ - يمكن الاستغناء عن كثير من الأعمال الصناعية مع استعمال المصارف المنطية والتي يحتاج إليها إذا نفذت المصارف المكشوفة مثل الكبارى والتعليكات وغيرها ،

٣ - لا يسمح بنظام الصرف المنطى بنمو الكثير من الحشائش ، كذلك لا يسمح بتوالد الحشرات بالمياه الراكدة بين الحشائش التى يلاحظ نموها بكثرة فى المصارف المكشوفة ،

٤ - لاحتياج المصارف المنطية إلى كثير من أعمال الصيانة المستمرة بسبب التآكل والإجهاد ، كما هو الحال فى المصارف المكشوفة التى تحتاج بصفة دورية إلى التطهير ، بل إنه كثيرا ما يستغنى تماما عن أعمال الصيانة إذا نفذت شبكة المصارف المنطية حسب القواعد العلمية السليمة ، كما أنها قد تعمّر ما لا يقل عن خمسين عاما من أقصى صناعة المواسير وتنفيذ شبكة الصرف ،

٥ - يمكن إجراء العمليات الزراعية بسهولة تامة فى حالة نظام الصرف المنطى مثل الحرث والتخلص من الحشائش وجمع المحصول ، لاسيما إذا استعملت الآلات الزراعية الحديثة ،

٦ - يمكن تعميق شبكة الصرف المنطى دون الحفر من ضخامة الأعمال
الترابية المطلوبة الحفر أو للساحة التى تغطها المصارف المكشوفة ،

٧ - تملد المشاهدات فى المناطق التى تم تنفيذ شبكة الصرف المنطى بها فى
بهيم والمريج وغيرها بدلنا النيل على : كفاية هذا النوع من الصرف للتخلص من
المياه الفائضة فى حالة الفيض أو زراعة الأرز، بل اقتضى الأمر أحيانا سد منافذ
غرف التفتيش لمنع الصرف السطحي فى حالة الأرز وصعوبة الحصول على مياه
الرى اللازمة ،

٨ - حقق الصرف المنطى نتائج بالغة الأهمية بعد أبحاث الصرف المنطى
على ١٥ حقلا فى مختلف أنحاء الجمهورية، فقد بلغ وزن ما أزيل من أملاح ذائبة
خلال ثلاث سنوات من ٢٠٨٣ إلى ٩ طن للفدان الواحد، معظمها أملاح كلوريد
الصوديوم، والباقي كبريتات الصوديوم. كما بلغت نسبة الزيادة فى معدل إنتاج فدان
من ٢٨ ٪ إلى ٧٥ ٪ بمتوسط زيادة فى الإنتاج من ٤٧ إلى ٥٩ ٪ محصول
الذرة والقمح، وقد بدأت هذه الزيادة عقب السنة الأولى لتنفيذ المصارف المغطاة،
ثم زادت حتى وصلت أقصاها فى السنة الثالثة من التنفيذ، واستمر المعدل المحصول
مرتفعاً ومنظماً بعد ذلك . ومعنى ذلك أن الصرف المنطى سيعطى زيادة فى
الإنتاج الزراعى تعادل إنتاج مساحة لا تقل عن ثلاثة ملايين فدان ، دون أى
زيادة فى تكاليف الإنتاج أو الخدمات ، الأمر الذى يعنى زيادة الدخل القومى
كثيراً من الزراعة ،

٩ - تترتب على زيادة المحاصيل سالفة الذكر انخفاض مساحات الأرض
المخصصة لها ، مما أتاح الفرصة للفلاح لزيادة المساحات المخصصة لمحاصيل أخرى
وزراعات ذات عائد أكبر، كالبطاطس والحمض وغيرها و

١٠ - قلت الاحتياجات المائية بنحو ١٧ ٪ نتيجة لعدم تحرب مياه الصرف السطحي بكثرة إلى المصارف، مما يوفر مياه الري التي تذهب عيناً للمصارف، وبما يساعد على إمكان التوسع الزراعي واستصلاح الأراضي. إذ أن الصرف المكشوف يشجع الفلاحين لاستعمال مياه ري أكثر حيث أن الريادة يمكن إزالتها بسهولة.

ميوب ومصارف الصرف المنطلي

١٠٠ - كثرة تكاليف شبكة الصرف المنطلي في البداية كتكاليف الحفر ومخن المواسير وتركيبها والموشحات حول المواسير والردم فوقها، وذلك بالمقارنة بتكاليف شبكة الصرف المكشوف المبدئية، وتنتهي أعمال الحفر فقط، فقد تصل تكاليف فقدان الواحد من الحقلات نظراً برصة على أبعاد ٢٠ متر من بعضها البعض أكثر من ٤ جنيه، بينما تصل تكاليف الحقلات من نفس القطر على بعد ٢٠ متراً أكثر من ٢٠ جنيه للفدان الواحد. على أساس التسهيل اليدوي في صنع المواسير ووضعها، ويمكن خفض هذه التكاليف بنسبة ٣٠ - ٤٠ ٪ باستعمال الآلات. كما أنه قد يزيد التكاليف إذا صممت الشبكة كي تستوعب مياه العراصف المطرية. غير أنه قد ثبت أن تكاليف إنشاء المجمعات لشبكة الصرف المنطلي يعادل نصف تكاليف نظائرها من المصارف المقترحة،

٢ - عدم إمكان التخلص من مياه الصرف السطحي أو المياه الزائدة على سطح التربة وإن كان من الممكن عمل منافذ أو فتحات سطحية في غرف التفتيش وبعض المواقع الأخرى من شبكة الصرف. إلا أنه قد يحتاج إلى التخلص من هذه المياه السطحية بسرعة أكبر،

٣ - من غير الممكن معرفة أعماق المياه الأرضية بسهولة في حالة الصرف المنطلي،

ببعض السهولة التي يمكن بها معرفة هذه الإحماق في المعارف المكتشفة ،

٤ - الصرف المنطى وتنفيذه يحتاج إلى كثير من الخبرات والوقت من أجل التنفيذ والصيانة على نطاق واسع لاسيما في البلدان النامية و

٥ - قد تمتد أحيانا المواسير ذات الأقطار الصغيرة بالحشائش « Debris » .

من أجل كل ذلك يجب على المهندسين دراسة مشروعات الصرف المنطى لمعرفة تأثير الإحماق والابساد بين المواسير وأقطارها ، والمواد المصنوعة منها ، وتأثيرها على فعالية الصرف تحت الظروف المختلفة بفرض إيجاد أفضل مواصفات الصرف ، وتحديد الظروف المختلفة للوصول إلى أجسن النتائج . كذلك دراسة مدى فعالية الصرف المنطى كوسيلة لتخلص من الأملاح ، وكوسيلة لتخلص من ماء الري الزائدة في الوقت اللازم ، علالة على دراسة كمية المياه اللازم صرفها لحفظ الأملاح عند مستوى معين منخفض سواء في التربة أو في المياه الأرضية .

أنواع مجلوى ومواسير الصرف المنطى

يمكن تقسيم أنواع المواسير الشائعة الاستعمال إلى :

(أ) مواسير فلفل من الطين بطول حوالى ٣٠ سم وقطر ٢ بوصة أو أكثر لكل وصلة ومى نومان : الأول نائج الحريق المادى « Soft burned » ، والثانى نتيجة الحريق فى درجة حرارة عالية « Vertified » . . والمواسير جيدة الصنع تعطى نتائجها خاصا يمكن مع بعض الخبرة معرفته . وتصنع بعض المواسير من الطينة الجبلية أو من الطين الاسوانى وتسمى المواسير المزججة ، وقد تطل من الداخل أو من الخارج ، وقد تزيد أسعار هذه المواسير عن أسعار المواسير الاعتيادية ، ولذلك يفضل استعمال الأخيرة فى ج.ع.م. .

(د) مواضع استعملية لأقطار من ٢ - ٦ بوصة أو عرضية للأقطار أكبر من ٦ بوصة من الأسمنت والرمل بنسبة ٥٥٠ كجم أسمنت إلى ٢ م^٣ ومن إلى ١,٢٢ زلط في حالة الخرسانة ، المطابقين للخواص الخاصة بكل منهم مع مراعاة المخطط جيدا بالطرق الميكانيكية للحصول على مواضع متجانسة، ثم إضافة الماء بمقدار ١٨٠ - ٢٢٠ لتر للتر المكعب، وتعمل الوصلات بطول ٣٠ - ٨٠ سم يدويا في الموقع، أو ميكانيكيا بطريقة القوة الطاردة وإزاء أن تحفظ المواضع بعد صنعها مثله بصفة مستمرة لمدة أقلها أسبوعين ، وأما أن تترك للشك بالبحار (Steam Curing) لمدة ٧٢ ساعة ما بين درجتي ١١٠ - ٤٠ فهرنهايت، ثم تخفف بالماء لفترة أطول من ٣٠ يوم قبل وضعها بالمصارف والمواسير التي يجري صنعها بالموقع ترش بالماء عادة لمدة ٢٤ ساعة بعد صنعها، ثم توضع في أحواض مفضوسة في الماء لمدة خمسة أيام كاملة . ويجب ألا تحتوي المواضع الخرسانية على أي كمية من ملح كلوريد الكلسيوم . وقد ثبت نجاح هذه المواضع في الأراضي التي تقل فيها أملاح الكبريتات التي تساعد على تآكل هذه المواضع عالم تعامل معاملة خاصة لمقاومة تأخيرها ، كما تمت امتياز هذه المواضع بانتظام المقطع وقوة تحملها ومتانتها ،

(ج) مواضع مخرومة (Perforated) مصنوعة من ألياف مددونة بالبيتومين (Bituminized fiber) أو من البرول إيثيلين (Polyethylene) والبلاستيك، أو من بعض المعادن أو من الأسبستوس وتضع بأقطار صغيرة تصل إلى ٢ بوصة ، وبأطوال كبيرة . وقد يستعمل الصوف الزجاجي كرسومات حول خروم المواضع التي تكون خطين أو أكثر في اتجاه محاور المواضع . وتستعمل بالمانيا مواضع من المواد الحرارية من البولي فينيل كلورايد

(Polyvinylchloride) ، أو مزيج من شعر الزجاج والقطران (Bituminized glass - plate) وتصنع من شرائط محدودة العرض أثناء تنفيذ المصارف آلياً. كما استعملت مادة الترموبلاستيك لصنع المواسير في بعض الأحيان .

وأهم مايجب مراعاته عند استعمال أى نوع هو عدم حدوث أى تآكل للمواسير عند استعمالها لاسيما في الأراضي التى تحتوى على كبريتات الصوديوم أو المغنيسيوم ، أو أراضي البيت عالية الحموضة (High - acid peat soils) ، ولذلك يجب أن تكون المواسير مطابقة لمواصفات معينة فلنأكد من صلاحيتها قبل الاستعمال ،

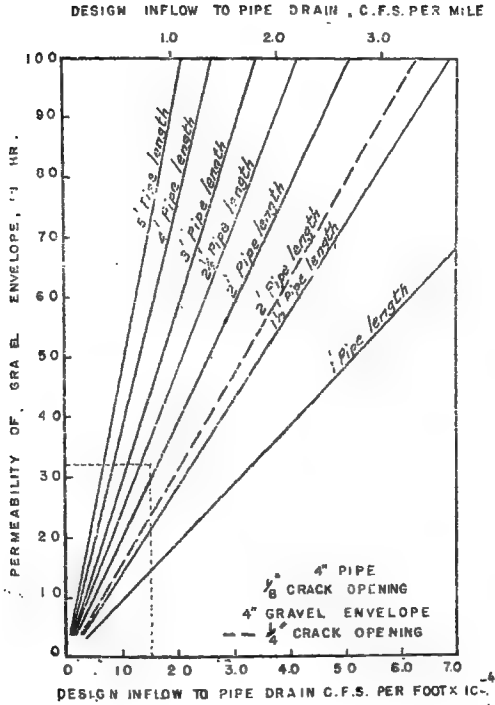
د) مصروف لؤلؤ أو الخلال أو النقيب الأفقية : وهى قنوات أنظرانية وقتية يمكن تكوينها بجذب جهاز كروى أو على شكل قذيفة (Bullet shaped) خلال التربة أسفل سلاح رأسى رفيع ، إلا أن هذا النوع قصير العمر نسبياً ، وقد يخدم هذا النوع من الصرف غرضين هما التخلص من المياه الزائدة المطلوب صرفها والرى تحت السطحي في فترة الجفاف و

هـ) مصارف فرنسية (French drains) أو مدخل عمياء (Blind Inlets) . وهى مصارف مغطاة تملأ بالحطب أو التبن أو سببان التيا . الجافة أو البامبو ، كما هو في اليابان ، أو الخشب كما هو في الاتحاد السوفيتي ، وقد يستعمل الحجر أو الرطاب كما في منطقة فايربو (Firebough) بكاليفورنيا أو الطوب أو المواد الخشنة قبل تنطيتها بالأتربة ، وقد استعملت هذه المصارف في بعض المساحات الصنعية في ج.ع.م. ويحتاج تنفيذها على نطاق واسع إلى دراسة من النواحي الفنية والاقتصادية ، وإن كان من المفضل صرف قليل من المياه ككمن للمواسير طالما أنه قد تم الحفر ، إذ غالباً ما تفسد هذه المصارف الفرنسية بعد فترة من الزمن .

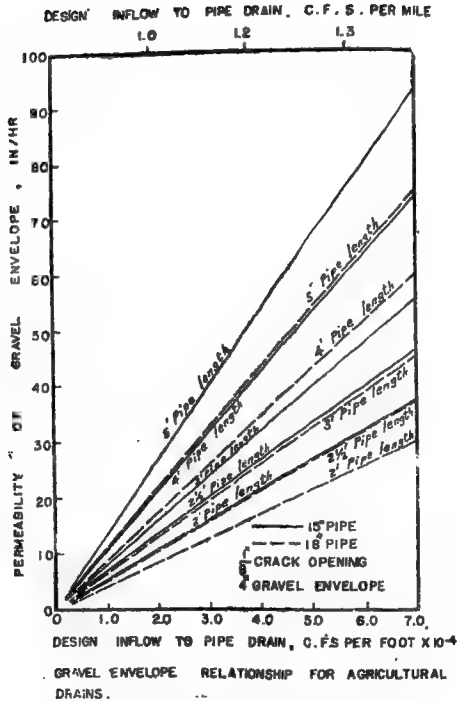
ومن الضروري ملاحظة أنأى نوع من أنواع المصارف والمواسير
(١- هـ) يعتمد اختياره على الظروف المحلية وعلى اقتصاديات مشروع الصرف،
فتستعمل المواسير الخرسانية ملاحيت مناهة مواسير القمار غير موجودة؛
كذلك قد يكون استعمال المواسير البلاستيك مناسباً حيث أجور العمال عالية إذ
أن سهولة إنشاء المصارف من هذا النوع يفرض بالاستعمال وإن كان البلاستيك
أعلى تكلفة من بعض الأنواع الأخرى. أما المواسير المعدنية فتستعمل عادة حيث
المصارف ضحلة، وحيث طبقة الأنقرة التي تغطي المواسير غير سمكية حيث قد
يؤدى المرور والاحمال فوقها إلى كسرأى نوع آخر من المواسير في حالة استعماله.
وكثيراً ما تستعمل المواسير المعدنية كصبات للمصارف المنطاة وعند تقاطعات
الطرق وحيث الاحمال ثقيلة .

تحديد أطوال الموصلات

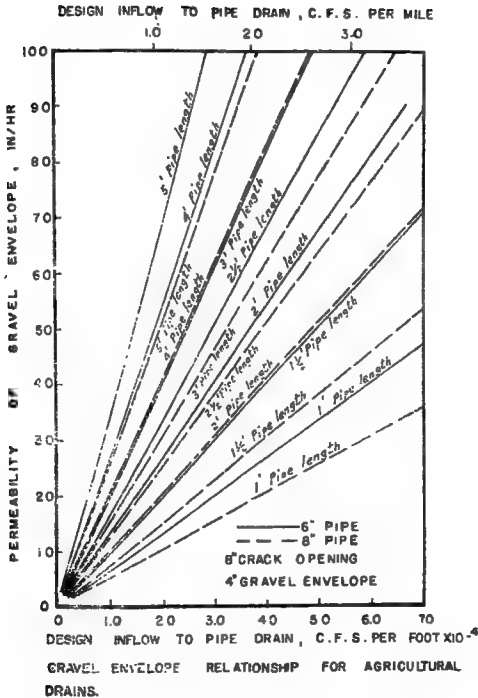
يمكن الحصول على طول الوصلة من أشكال ٩٧، ٩٨، ٩٩، ١٠٠ كل منها
تظهر ماسورة معين بمعرفة معامل التوصيل المي-دوليكي المرشح أو الفلتر الزلطى
حول الوصلات وبمعرفة كمية المياه المطلوب لإمرارها بين كل وصلةتين من شكل
١٠١ . وقد صممت الأشكال ٩٧، ٩٨، ٩٩، ١٠٠ على أساس مسافة $\frac{1}{2}$ بين
الوصلات ما عدا الخط المنقط بشكل ٩٧ الذى حسب على أساس فاصل أو فتحة
بين الوصلات $\frac{1}{2}$ ، كما يظهر عدم تأثير اتساع هذه فتحة بين الوصلات على
إمرار تصرف أكبر من المياه . كما وضح فى تصميم هذه الأشكال أن سطح
المساء الأرضى يقع فرق الفلتر الزلطى مباشرة الذى يكون سمكاً $\frac{1}{2}$ حراً،
الماسورة .



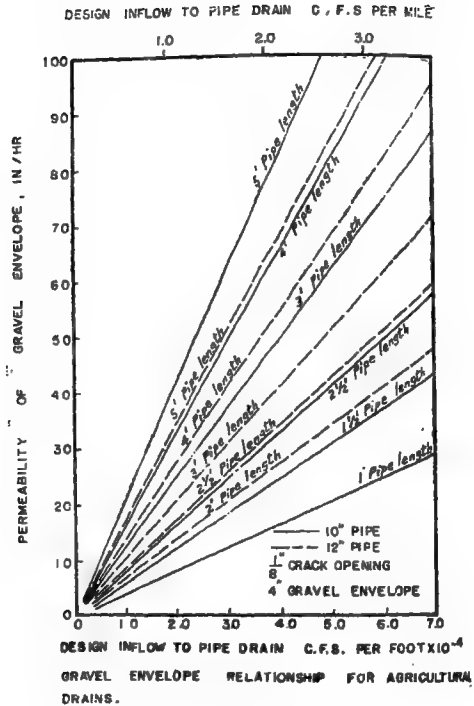
شكل ٩٧ : تحديد أطوال الوصلات بمعرفة التصريف المار فيها ومعامل التوصيل الهيدروليكي للمطر الزلطي حولها .



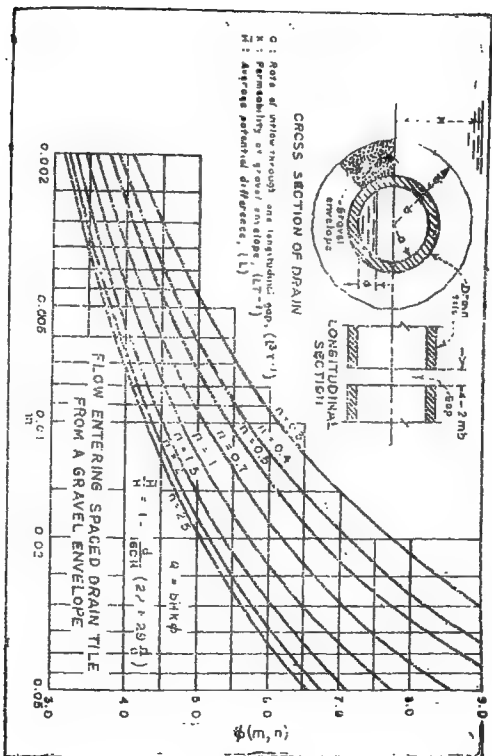
شكل ١٨ : تحديد أطوال الوصلات بمخزقة التصريف المار منها
ومعامل التوصيل الهيدروليكي للقنطرة الأولى حولها.



شكل ٩٩ : تحديد أطوال الوصلات بمعرفة التصرف المار منها
ومعامل التوصيل الهيدروليكي لفتات الزلط حولها .



شكل ١٠٠ : تحديد أطوال الوصلات بمعرفة التصرف المار منها
ومعامل التوصيل الهيدروليكي لفتات الوصل حولها.



شکل ۱۰۱: محاسبه کف آبراهه اطراف سازه های مختلف

ويمكن استعمال الرسومات بطريقة أخرى إذا أريد استخدام طول وصلة معين للحصول على معادل التوصيل الهيدروليكي لفتر الزلطي المطلوب وضعه حول الفواصل .

مثال

مصرف مغلى قطره "٤ يراد وضعه حيث التصرفت ٠,٠٠٠١٤ قدم^٣/ثانية
لقدم الطول أى خوال ٠,٧٤ قدم^٣/ثانية/ميل طول من المصرف وقد حصل
على هيئة من الرمل والزلط من بحجر يجاوز فوجد أن أقطارها تتراوح من
الماء من متخل وقم ٢٠٠ إلى ٣" علماً بأن الاحتجاز الأكبر من ٣" يجب فصلها
حتى لا تؤدي إلى كسر المواسير أثناء التنفيذ . وقد اختبر مغفل التوصيل
الهيدروليكي للواد أقل من ٣" في المعمل (Disturbed) فوجد أنه يساوى
٣٢ بوصة/ساعة .

النتيجة

من شكل ٩٧ نجد أن الوصلات بطوله ٣" أو أقل مع فتر زلطي بمسك ٤
تفي بالمطلوب .

تعدد الفواصل (Cracks) بين وصلات

المصارف النقطية

التصرف الممار بين الفواصل - كما هو واضح من الرسومات بشكل ٩٧ -
لا يتأثر كثيراً باسمها ولكن يمكن إيجاد هذه الفواصل أو التفتحات كالآتي :

معادلة كوكهام ودتر (Dutz) عام ١٩٥٠ :

$$Q = \frac{2\pi K (t + d - r)}{\ln \frac{2d}{r} + \frac{2S^2}{2C\pi^2} \cdot \frac{S_1 + S_2}{2}} \quad [74]$$

حيث :

Q : معدل التصريف للوحدة الطولية من المصرف المنطى ،

K : معامل التوصيل الهيدروليكي ،

t : ارتفاع المياه المتركة على سطح الأرض ،

d : العمق من سطح الأرض حتى مركز داسورة المصرف ،

$2a$: القطر الداخلى للمصرف المنطى ،

$2r$: القطر الخارجى للمصرف المنطى ،

$2S$: باول وصلة المصرف المنطى - الفاصل ،

$2C$: طول الفاصل بين الوصلات و

S_1, S_2 : حداث يمكن إيجادهما من الجدول ٣٠ .

كما أعطى كركهام وشواب (Schwab) عام ١٩٥١ المعادلة :

$$Q = \frac{4Kt + d - r}{C + \frac{2}{\pi} \ln \frac{2d}{r}} \quad [75]$$

في حالة المراسم المنخمة حيث :

Q : التصريف المار بالمسورة المنخمة و

C : ثابت يعتمد على القطر وعلى المسافات بين الأنحرام بماسورة المصرف

وعلى قطر المصرف المنطى يمكن إيجاداه .

(أنظر كركهام وشواب (١٩٥١)) .

$\frac{C}{S}$	$a/s = 1.6/\pi$		$a/s = 0.8/\pi$	
	S_1	S_2	S_1	S_2
32/1440	0.22912	0.18186	0.21141	0.16515
16/1440	0.13849	0.11455	0.12942	0.10572
8/1440	0.08128	0.06925	0.07668	0.06471
4/1440	0.04866	0.04066	0.04484	0.03834
2/1440	0.02634	0.02333	0.02517	0.02217
1/1440	0.01468	0.01317	0.01405	0.01259

جدول ٢٠ : قيم S_1 ، S_2 لتحديد التوافق بين وصلات الحصارف المتطاة.

الاختبارات التي تجرى على المواسير

لا بد من توفر المميزات الآتية لمواسير الصرف حتى تؤدي واجبا على الوجه
الآكل :

١ - مقاومة التفتتات الجوية وعدم التلف في التربة ،

٢ - تحمل الأثقال التي تتعرض لها والمصممة على أساسها ،

٣ - ذات كثافة عالية أو بمعنى آخر تشرب منخفض للياه ،

٤ - مقاومة التجمد والسيولة على التوالي ،

٥ - عدم وجود أى صرب مثل الثروخ أو الكسور و

٦ - انتظام الشكل والمقطع .

ومن أجل ذلك تجرى الآتى :

تقسم المواسير إلى مجموعات كل منها من ٥٠٠-١٠٠٠ ماسورة، ويختار
خمسة مواسير كميات من كل مجموعة لإجراء الاختبارات الآتية عليها :

١ - **مختبرات كيميائية** : لتأكد من عدم تآكل جدرانها ، ومن مقاومتها
للعوامل الجوية ، ومن مقاومتها للأملاح ، (تسبباً المواسير الاسمنتية في التآكل
حينما تصل أملاح كبريتات الصوديوم والمنفسيوم إلى ١٥٠٠ جزء في المليون
والتي لا تزيد عن ٥٠ جزء في المليون في معظم الأراضي المصرية) قبل استعمالها
في الحقل ، فالمواسير الاسمنتية تتأثر بالمحوضة حيث أن الاسمنت البورتلاندى
قاعدى من الوجهة الكيميائية ، كما تتأثر بمحاليل أملاح الكبريتات غير أن ضعف
نفاذية الجدران يقاوم الكبريتات ، كما أن معالجة المواسير البخار بعد صنعها ،
(نحو ١٧٧° م) لمدة ستة ساعات ، تعطى مواسير الاسمنت البورتلاندى شاعة
ظاهرة . وهناك أنواع معينة من الاسمنت تقاوم تأثير الكبريتات كالاسمنت

الألومنيوم . والكبريتات تكون بلورات من الكبريتات ، لا تلبث أن يزداد حجمها مكونة قوى داخلية (Internal stresses) ، كذلك التي تحدث عند تجمد المياه وزيادة حجمها .

١٠ - اختبارات قياسية : التأكد من مطابقة مقاساتها ، إذ يجب ألا يقل قطر المسورة عن القطر المطلوب بأكثر من ٠.٢٪ ، وكذلك التأكد من مطابقة استدارتها وسحبها للخواص .

١١ - اختبارات طبيعية : التأكد من :

١ - قوة تحملها ، وذلك عن طريقة اختبار التحميل (Load test) وقوة سحق (Crushing strength) ، أي معرفة مدى قدرة المسورة على حمل الأثقال (الزخم وخلالة) فوقها ، ويجرى هذا الاختبار على عينات المواسير بعد مرور ٢٨ يوماً على الأقل من صبها ، وبعد أن تبقى مبيتة لمدة أقلها ١٢ ساعة قبل الاختبار مباشرة ، ويمكن إجراء مثل هذه الاختبارات بمقابل كليات الهندسة أو معامل ودارق الزبي بالتناظر ، ويجب ألا يقل حمل الكسر عن ١٠٠٠ وطل على القدم الطول للمواسير قطر من ٤" إلى ١٢" .

ويصفى عامة لا يجب أن تقل قوة السحق عن ٨٠٠ وطل/قدم طول لجميع الأقطار إذا طُبقت قوة السحق بطريقة التلاصق أطراف عمدة (3 edge bearing method) ولأطوال من ١١٠٠ وطل/قدم طول في حالة الأنواع الخاصة (extra quality) ملائمة بنفس الطريقة ،

٢ - مدى تشرب المواسير المياه (Absorption test) ، ويتلخص الاختبار في أخذ عينتين من طرفي المسورة وثالثة من وسطها مساحة كل عينة

Diameter (inches)	Clay Sewer Pipe		Conc. sewer pipe		Clay Drain Tile			Conc. drain tile		Concrete pipe for irrigation & drainage
	Std. strength	Extra strength	Std. strength	Extra strength	Std. strength	Extra quality	Heavy duty	Std. quality	Extra quality	
4	1500	-	1500	3000	1200	1650	2100	1200	1650	1800
5	-	-	-	-	1200	1650	2100	1200	1650	1875
6	1650	3000	1650	3000	1200	1650	2100	1200	1650	1850
8	1950	3000	1950	3000	1200	1650	2250	1200	1650	2025
10	2100	3000	2100	3000	1200	1650	2325	1200	1650	2100
12	2250	3375	2250	3375	1200	1650	2550	1200	1650	2250
14	-	-	-	-	1260	1650	2775	-	1650	2400
15	2625	4125	2625	4175	1305	1725	2970	-	1650	2475
16	-	-	-	-	-	1800	3150	-	1650	2350
18	3000	4950	3000	4950	-	1950	3510	-	1800	2700
20	-	-	-	-	-	-	-	-	1950	2775
21	3300	5775	3300	5775	-	2175	4020	-	2100	2850
24	3600	6600	3600	6000	-	2500	4500	-	-	3000
27	4125	7050	-	-	-	2700	5000	-	-	-
30	4800	7500	-	-	-	3000	5385	-	-	-
33	5250	8250	-	-	-	-	-	-	-	-
36	5850	9000	-	-	-	-	-	-	-	-

Table 31: Allowable Crushing Strength of Pipe Used for Drains in Gravel Envelope in lbs./linear ft.

ما بين ٧٥-١٢٥ سم^٢، ثم توزن العينات بعد وضعها للتجفيف في فرن درجة حرارة ما بين ١١٥-١٢٠ م^٢ لمدة ١٦ ساعة، ثم يعاد الوزن بعد كل ٢ ساعات من التجفيف حتى لا يزيد الفرق بين وزنتين متتاليتين عن ١ / ١٠٠٠ من الوزن الاصل للعينة، ويعتبر الوزن الجاف للعينة هو آخر وزنة بعد التجفيف والتبريد إلى درجة حرارة ٢٠ + م^٢، ثم توضع العينات الجافة مغمورة في ماء هذب واثق، ويتم تسخينه إلى الغليان في مدة ساعة، ثم يستمر التسخين لمدة خمس ساعات أخرى، ثم تترك العينات لتبرد تدريجياً إلى درجة حرارة ٢٠ + م^٢ وتترك لمدة دقيقة بعد تبريدها وتوزن ليكون الفرق بين الوزن الأخير وأولوزن الجاف هو وزن الماء الذي تشربته العينة ومنه تحدد النسبة للتربة للتشرب . ويجب ألا يزيد متوسط النسبة للتربة للتشرب عن ٧٥ - ٨٠ ٪ من الوزن الجاف في حالة المراسير الاستنبية والخرسانية، وعن ١٦ ٪ في حالة المراسير الفخارية العادية تحت الظروف العادية، وعن ١٣ ٪ للواسير العادية تحت الظروف القاسية، وعن ١١ ٪ في حالة المراسير جيدة المنع (Extra quality) تحت ظروف تعرض المراسير للصقيع (Frost) .

٢ - مدى مقاومة المراسير للتجمد عند ذوبان الثلوج في المناطق الباردة حيث تجري تجربة التجمد (Freezing test) ، وتجري فقط للواسير الفخار التي ترتفع نسبة تشربها عن ١١-١٣ ٪ والتي يحتمل أن تتعرض لتجمد الثلوج وذوبانها .

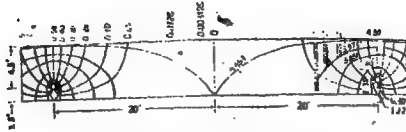
د : فحص الشقوق : لتأكد من خلو سطوح المراسير الداخلية والخارجية من أي شروخ أو شقوق أو خفقات، ولتأكد من استواء نهايتي كل ماسورة بحيث يسمح ذلك بالتماق أي ماسورة مع الأخرى من نفس القطر . كذلك يجب التأكد من استقامة المراسير بحيث لا يزيد الانحراف عن الخط المستقيم في كل ماسورة عن ١ ٪ من الطول .

حركة المياه إلى المصارف المغطاة وداخلها

سبق أن أشير باختصار إلى كيفية وصول المياه إلى المصارف ، وإلى أنواع المياه الأرضية في التربة ، وحركة هذه المياه ، ونضيف الآن أن المياه الأرضية تدخل إلى مواسير الصرف خلال وصلاتها فقط ، أي خلال الفتحات أو الفواصل (Cracks) التي يجب تركها بين كل وصلتين متجاورتين ، والتي لا يجب أن تزيد عن ٥ سم في التربة الرملية للوصلات بطول ٣٠ سم . كما أن خطوط انسياب المياه الرئيسية إلى المصارف تقع عند عمق أقل من $\frac{1}{8}$ المسافة بين المصارف وتحت منسوب هذه المصارف ، بمعنى أنه لو وجدت طبقة مسامية جدا على عمق أكبر من ٤ متر في حالة المسافات بين المصارف ٢٠ متر ، أو على عمق ٧ متر في حالة المسافات بين المصارف ٦٠ متر ، فإنه لا تأثير لإطلاقا على حركة المياه تجاه المصارف من هذه الطبقات السامية جدا . والملاحظ أيضا أن أهم الطبقات الأرضية هي التي تقع فيها المصارف حيث تتجمع مسارات المياه تجاه المصارف عندما . وبعد دخول المياه إلى المواسير ، تسير فيها المياه حرة أي ليست تحت تأثير ضغط إلا أثناء فترة قصيرة جدا عقب الرى مباشرة ، والحركة الحقيقية للمياه نحو المصارف المغطاة غير منتظمة من الزمن (Unsteady flow) غير أنه كثيرا ما نفترض أنها حركة منتظمة أو ثابتة مع الزمن (Steady) وذلك بفرض سهولة الوصول إلى حلول رياضية بسيطة قد لا تفرق كثيرا عما يحدث بالظيمة فعلا .

١ - حركة المياه في تربة متجانسة مشبعة بالمياه حتى سطح الأرض :

يبين شكل ١٠٢ الشبكة المائية (Flow net) في حالة وضع المصارف فوق طبقة غير مسامية حيث يظهر على النصف الأيمن الشكل منحنيات الجهد المتساوية



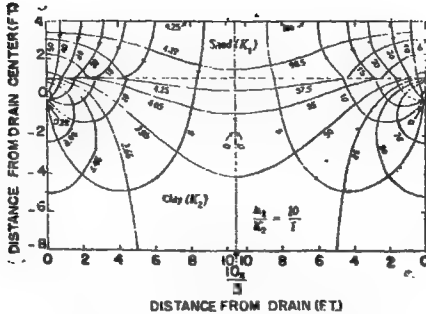
شكل ١٠٢: الشبكة المائية لمصارف على مسافات متساوية وعلى عمق ٣ قدم ومسافة ٥ قدم وضعت فرق طبقة غير مساوية عمقها ٦ قدم.

أو الخط البيزومتري المتساوية (Equipotentials) ، وقد كتب على كل منها الجهد بالقدم ، كما يظهر في الصنف الأيسر للشكل منحنيات تدفق أو انسياب تيار الماء (Streamlines) ، وقد كتب على كل منحنى نسبة التصريف المأر بين المنحنى ومتصف المسافة بين المصارف حيث يقع منحنى تدفق صفر وذلك بالنسبة للتصريف الكلى .

ويظهر من الشبكة المائية أن ٦٠ ٪ من التصريف عند سطح الأرض تدخل التربة خلال قنمان فقط حول جانبي المصريف بمعنى أن منحنيات انسياب المياه تقرب من بعضها فوق المصريف مباشرة وتبعد عن بعضها كلما زاد البعد عن المصريف، أى أن المياه تدخل بسرعة فوق المصريف بما يتناسب مع وضع المصارف تحت المساحات التى تتجمع بها المياه مباشرة ، كذلك فإن اقتراب منحنيات الجهد المتساوية قرب المصريف تشهد بأن ٥٠ ٪ من مجموع منحنيات الجهد تفرق خلال مسافة حوالى ضعف قطر المصريف، وبأثناءل فإن الساعط الهيدروليكي سرعان ما يتبعد قرب المصارف بما يدهو لتخليفها بمواد مسامية لزيادة فعاليتها .

ب - حركة المياه في تربة غير متجانسة

وبين شكل ١٠٣ الشبكة المائية في تربة ذات طبقتين مختلفتي التوصيل الهيدروليكي :



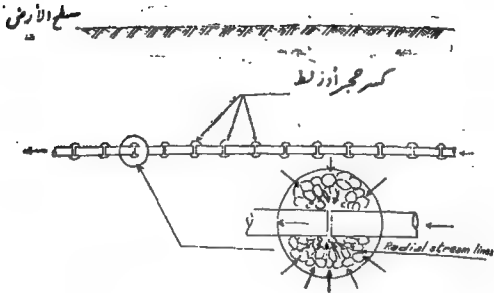
شكل ١٠٢ : الشبكة المائية لمصارف منطقة وضعت في الطبقة السفلى لثربة ذات طبقتين مختلفتي التوصيل الهيدروليكي .

وصلات المواسير

هناك كثير من أنواع وصلات المواسير حسب كل نوع من المواسير ولكن الغالب الاستعمال فعلا هو الحزمة وصلات الآتية :

(١) وصلة متصلة أو عادية (Plain) : وتعمل لمصارف الدرجة الرابعة أو الحفريات تحت الظروف العادية ويلاحظ أن دخول المياه إلى المواسير أو حركة المياه إلى الوصلات قطري (Radial) كما هو مبين بالشكل .

وتترك مسافات (Cracks) بين الوصلات تتراوح ما بين ١٠ - ٢٠ سم ، ويصبح بعدم زيادتها لعدم الجدوى من ذلك ، فقد ثبت أن زيادة هذه المسافات



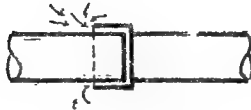
شكل ١٠٤ : وصلة مواسير منفصلة أو مادية

لن الضعف يؤدي إلى زيادة في حجم المياه المتدفقة إلى المصرف بمقدار ١٠٪/نقطه؛ بينما قد ينتج عن زيادة المسافات دخول الأتربة وصرصرة (*) المياه (Piping). وقد لوحظ أن المصارف ذات المرشح اللطيف أو المنظفة بالولط تمنع دخول الأتربة إلى المصارف بفعالية أكثر من تضيق التماسات بين الوصلات.

(ب) وصلة متداخلة (Pipes with Bell - and - Spigot) :

وخطورتها تضيق أو انسداد الفتحات ما بين الوصلات . وفي هذا النوع

* Piping : washing of fine material into the tile line by the inflowing water . Materials which are most susceptible to piping are very fine sand and coarse silt which are entirely lacking in cohesion and are sufficiently small to be moved by very low velocities of water,



شكل ١٠٥ : وصلة متداخلة

يكون آخر الماسورة ذو قطر أكبر بحيث يتسع لإدخال طرف الوصلة الأخرى به كما هو موضح بالشكل . ولا ينصح باستعمال هذا النوع من الوصلات في حالة المواسير المتخار، وذلك لعدم انتظام توزيع الاحمال على طول الماسورة مما يؤدي إلى تركيزها فوق الوصلات فقط، علاوة على عدم دخول المياه إلى المصرف بسرعة منتظمة (Uniform velocity) نتيجة لعدم استقامة خطوط سير المياه مما يسبب تحريك حبيبات التربة حول الوصلة وانسداد الفواصل في كثير من الأحيان .

(ب) نوع آخر من الوصلات المتداخلة

: (Pipes with Tongue - and groove ends)



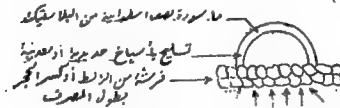
شكل ١٠٦ : وصلة متداخلة

Pipes with Tongue - and groove ends

وهذا النوع من الوصلات له بعض عيوب الوصلة السابقة علاوة على ارتفاع التكاليف كما يذمر إلى عدم استعمال أى منها كثيراً، وتسمى أحيانا هذه الوصلة بوصلة الذكر والأنثى .

(د) فرشاة بطول لاواضع النصف استوائية :

في هذه الحالة تدخل المياه بطول المصرف مما لا يؤدي إلى التقيد بطول معين لوصلات المراسيد ، أو بوصلات على أبعاد معينة كما هو الحال في أنواع الوصلات



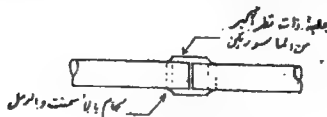
شكل ١٠٧ : فرشاة بطول مواسير الصرف.

السابقة . والفكرة الأساسية في استعمال هذا النوع هو أن حوالي ٧٠٪ من مياه الصرف تدخل إلى المصارف من نصفها السفلي .

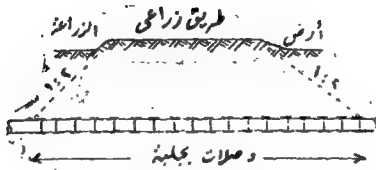
(هـ) : ماسورة بجلية (وصلات ملحومة بالاسمنت)

: (Pipes with sealed openings)

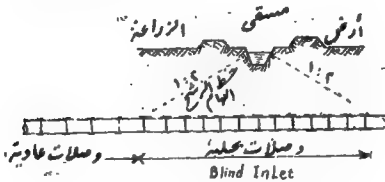
كما في شكل ١٠٨ وشكل ١٠٩ ، ١١٠ إذ يستعمل هذا النوع من الوصلات تحت الطرق الزراعية أو تحت المساق والمراوى والترع وذلك لمنع فقدان المياه منها . كما تستعمل إذا كانت مياه الصرف كيميائية عالية وبها مواد عاقلة بكمية كبيرة ويمنع من ترسبها ويراعى في مثل هذه الحالة استعمال الزمك أو الرطل في الزدوم



شكل ١٠٨ : وصلة بجلية



شكل ١٠٩: وصلات بجليه (Blind inlet) تحت طريق زراعي.



شكل ١١٠: وصلات بجليه (Blind inlet) تحت مسقى أو ترعة.

فوق المراسيد . والعيب في هذه الوصلات هو ارتفاع التكاليف التي قد تصل إلى الضعف أو أكثر بالنسبة لتكاليف الوصلة العادية .

ويمكن لإحاطة هذا النوع من الوصلات بورق مقطون (Tar paper) أو خيش مقطون لتقليل رشح التربة إلى المصرف كما تحاط بكسر الحجارة أو الرط أو وجوع التعم المتخلف من حريق الفحم إلا إذا كانت التربة حولها متساوية .

كما يلاحظ أنه من الأفضل دائما أن تحاط المصارف المضادة الحقلية بطبقة من الرمال بطول المصرف لعدم تركيز المياه عند الوصلات فتتوزع المياه توزيعا عادلا ما أمكن بطول المصرف .

المرشحات (Filters) :

كثيرا ما يحدث بعض الانحسار نتيجة ضغط المياه (Seepage pressures) مع دخول مياه الصرف إلى المصارف عند الوصلات أو الفرشة تبعا لما يؤدي إلى تحريك حبيبات التربة وخلطتها لاسيما الأحجام من ٠.٥ إلى ١.٠ مم مما يسبب هبوط أو انحراف حول الوصلات أو تحت الفرشة ، وكثيرا ما يؤدي ذلك إلى انسدادها ؛ لذلك من الضروري منع هجرة هذه الحبيبات بتغطية أو تغليف الوصلات بمواد خشنة أي أكبر حجما تسمى مرشحات (Filters) بسمك يساوي ٤ برسم على الأقل حتى لا تعوق حركة المياه وتغليظ من عمر شبكة الصرف، وتقل الحاجة إلى صيانتها وتزيد من قدرة المصارف على استيعاب المياه بالمساعدة على إمرار مياه الصرف بحرية أكثر، إذ أن المرشحات أكثر نفاذية من مواد التربة لمرور المياه، وبذلك فقد تؤدي إلى زيادة المسافة بين المصارف، وقد توضع فرشاة بطول المواسير لاسيما في حالة الأراضي الصودية والتي يخشى من عدم استقامتها بتغطيتها أو تغليفها .

وقد تتكون المرشحات (حول مواسير الصرف أو أنهرها من أحمال متدرجة) من طبقة واحدة أو من عدة طبقات كل منها بدرجة خاص. وبذلك يمكن تقسيمها إلى طبقات منتظمة (Uniform) أو متدرجة (Graded) فالحيبيات منتظمة الحجم هي التي يحوي مجالا ضيقا من الحجم كذلك التي لها معامل انتظام (Uniformity coefficient) حوالي ٢ أو ٤ . أما المرشح المتدرج فهو الذي يحوي مجالا واسعا من أحجام الحبيبات والتي قد تكون منحنيات تدرجها (Gradation curves) مقعرة أو محدبة أو على شكل (S) أو خطوط مستقيمة ويمكن تقسيمها من فقيرة التدرج (Poorly graded) إلى حسنة التدرج (Well graded) حسب شكل منحنياتها .

أولاً - احتياجات الرش أو الغلاف الزلطي :

١- أن يكون أكثر تفاعلية للبناء منها الحبيبات التربة أى يكون قطر حبيبات الرش أكبر من قطر حبيبات التربة المحيطة . وذلك حتى لا يتولد أى ضاغط هيدروليكي ،

٢ - منع حركة التربة إلى المصرف أو إلى الرش ذاته ، بمعنى أن تكون الفراغات بين حبيبات الرش صغيرة بدرجة أنها تمنع حبيبات التربة حولها من الفخول ،

٣ - أن يكون مملك الرش كاف لمعدل توزيع أحجام مواد الحماقز حولها كالفن التربة في حالة الصقيع و

٤- أن تمنع حركة مواد القطار إلى داخل المراسير بتضييق الفتحات أو الفواصل بينها بالقدر الكافي ، ومن أجل ذلك يحسن أن يزداد قطر الحبيبات كلما قربت من وصلات المصرف ..

ثانياً - حجم حبيبات الرش :

هناك عدة علاقات لتحديد حجم حبيبات الرش تذكر منها :

١ - غير متساوية يعمل بها في إلينوى (Illinois) :

$$\frac{D_{15} \text{ (of filler)}}{D_{85} \text{ (of protected soil)}} < 4 \leq \frac{D_{15} \text{ (of filler)}}{D_{85} \text{ (of protected soil)}}$$

حيث (D) تمثل قطر معين منتخب بين حبيبات عينة وزنها (ك) مثلاً ، وحيث وزن الحبيبات أقل من (D) يساوى (ك) وحيث يمثل الرقم إلى الأسفل منه

(D) النسبة $(\frac{ك}{د})$. فمثلا (D₁₅) هو القطر أو الحجم الذي عنده ١٥٪ من المادة أنعم أو أقل من القطر (D) .

ومعنى غير المساوية (٧٦) أن (D₁₅) للرشح يجب أن تكون أكبر من (4D₁₅) وأقل من (4D₈₅) لحبيبات التربة المطلوب حايثها (أخشن جزء منها) برقد ذلك التجارب هل أن تخرج المواد المرشحة الآتي بجدول ٣٢ يعطى مواد مرشحة مناسبة جدا:

نسبة المار من المنخل	رقم المنخل حسب المواصفات الأمريكية
١٠٠ - ٩٠	٥
٩٠ - ٧٠	١٩
٨٠ - ٣٥	١٨
٦٠ - ٢٠	٢٥
٣٠ - ٥	٦٠
صفر - ٨	١٢٠

جدول ٣٢ : تخرج المواد المرشحة.

كما يوصى كثير من المهندسين بالتدرج الآتي بجدول ٣٣ لحبيبات الرلط حيث يعطى كفاءة عالية:

نسبة الماء من التخلل %	رقم التخلل حسب المواصفات الأمريكية
١٠٠	$\frac{2}{3}$
٨٥ - ٧٥	٥
٧٠ - ٥٠	١٠
٤٠ - ٢٠	١٨
١٥ - ٥	٣٥
٥ - صفر	٦٠

جدول ٣٣ : تدرج المواد المرشحة.

ب - النسب المخرجة لبرتران (Bertran, 1940) :

$$\frac{D_{15} \text{ (filter)}}{D_{15} \text{ (soil)}} \geq 9 \quad [77]$$

$$\frac{D_{15} \text{ (filter)}}{D_{85} \text{ (soil)}} \geq 6 \quad [78]$$

ج - معادلات ليندوود وبيتوش (Leatherwood and Peterson) عام ١٩٥٤ :

من أجل استغلال الرشح :

$$\frac{D_{15} \text{ (filter)}}{D_{85} \text{ (soil)}} = 4.1 \quad [79]$$

$$\frac{D_{50} \text{ (filter)}}{D_{50} \text{ (soil)}} = 5.8 \quad [80]$$

د - مواصفات مكتب الاستصلاح الأمريكي للمرشحات :

١ - للمرشحات منتظمة الحجم (Uniform grain-size) :

$$\frac{D_{15} \text{ (filter)}}{D_{85} \text{ (soil)}} = 5$$

مع ضرورة أن يكون المرشح ذا كفاءة عالية .

٢ - المرشحات ذات الحبيبات غير حادة الحروف (Subrounded particles):

$$\frac{50\% \text{ size of filter}}{50\% \text{ size of soil}} = 12 - 58 \quad [81]$$

$$\frac{15\% \text{ fine size of filter}}{15\% \text{ fine size of soil}} = 12 - 40 \quad [82]$$

وبالرجوع إلى منحنى التحليل الميكانيكي (شكل ١١١) للتربة يجرى الآن :

- بضرب القيمة عند تقاطع الخط الأفقي المار بنسبة ٥٠٪ للتربة (النقطة أ) في القيمتين ١٢ ، ٥٨ يتحدد المدى الذى يجب أن يكون عليه نسبة ٥٠٪ من قطر المرشح (التقطع ١ ، ١) ،

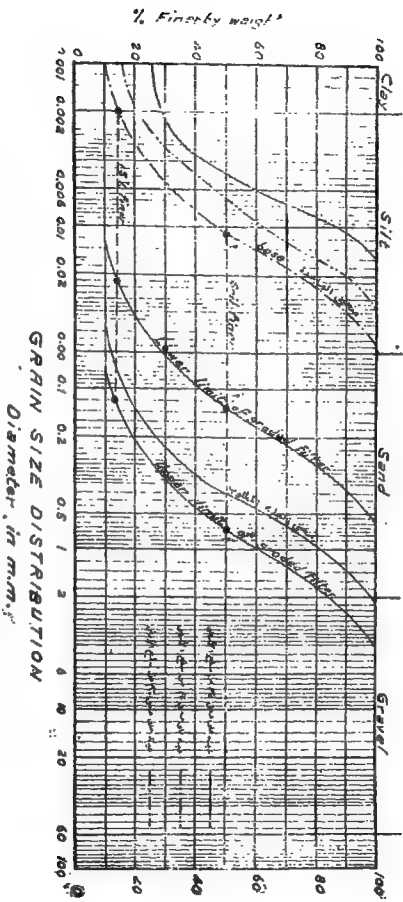
- بضرب القيمة عند تقاطع الخط الأفقي المار بنسبة ١٥٪ للتربة في القيمتين ١٢ ، ٤٠ يتحدد المدى الذى يجب أن يكون عليه نسبة ١٥٪ من قطر المرشح ،
- يحدد المرشح المطلوب بأنه المنحنى الذى يقع في المتوسط بين المدى الأعلى والذى الأوطى السابق لإيجادهما :

وعلى فإن المرشح الرولى المدرج تكون أقطاره فيما بين ٥ - ١٥ مم .

٣ - المرشحات ذات الحبيبات حادة الأطراف :

$$\frac{50\% \text{ (size of filter)}}{50\% \text{ (size of soil)}} = 9 - 30 \quad [83]$$

$$\frac{15\% \text{ (size of filter)}}{15\% \text{ (size of soil)}} = 6 - 18 \quad [84]$$



شكل ١١١ : منحنيات التحليل الميكانيكي لأتربة رملية تجعل على منحنيات تصميم الدرع للشارف .

الثاني - مواد الرشحات :

وقد يستعمل كمادة الرشحات الزلط بأقطار متفرجة من ٢ إلى ٣ والبيت (Peat) كما يستعمل أيضا الصوف الزجاجي (Glass wool) مع أو بدون الرمال المنسوجة وكذلك أنسجة الزجاج (Glass fibers) الذي تصنع منها رقائق تلف بها الوصلات وقد لوحظ أن تأثيرها فعال جدا في حجز حبيبات الرمال والسلك ولكن لوحظ أن مساويتها تقل كثيرا إذا احتوت مياه الصرف بعض مركبات الحديد ولا يفضل استعمال الخشب والحطب لتحللها وتتركها فراغات تملأ بالمياه حول خط الصرف مسببة انهياره .

وتتبع القواعد الآتية بصفة عامة :

١ - إذا كانت التربة تحتوي على أكثر من ١٠٪ زلط وأكثر من ١٠٪ مواد ناعمة (تمر من منخل ٢٠٠) فإنه يستعمل الجزء من التربة الماء من منخل رقم ٤ كقاعدة للمرشح ،

٢ - لا يزيد حجم مسود الرشع عن ٣ بوصة لتضاد انفصال (Segregation) حبيبات الرشع ومنع تقطرها (Bridging) أثناء وضعها .

٣ - لا يجب أن يحتوي المرشح على أكثر من ٥٪ مواد ناعمة (تمر من منخل ٢٠٠) لمنع حركتها إلى مواسير الصرف ،

٤ - يجب أن يوازي منحنى تدرج الرشع منحنى تدرج التربة ولوفي مدى المواد الناعمة بقدر الإمكان ،

٥ - الجزء الخشن من الرشع يجاور مواسير الصرف التي تختار المسافة بين وصلاتها أو تقريبا مساوية (على الأكثر) لنصف حجم الـ ٨٥٪ من حجم حبيبات الرشع ،

- ٦ - تثبت التربة جيدا قبل وضع المرشح الذى يجب أن يكون نظيفا ومغسوا على طريقة كافية (٢ - ١٠ ٪) أثناء وضعه بطريقة لا تؤدي إلى انفصال حبيباته.
- ٧ - تحتفظ حبيبات المرشح جيدا (١٠٠ ٪) إذا كان سمكها رفيعا بينما تحتفظ لحد يراعى ٧٠ ٪ إذا كان المرشح سمكيا ،
- ٨ - لا يقل سمك المرشح إذا كان حجم حبيباته كبيرا عن ٨ بوصة منها سمك ٦ بوصة من حبيبات رفيعة ،

- ٩ - سعة مواسير الصرف تكون كافية لنقل وجمع مياه التمرير و
- ١٠ - تسمى الفتحات بين الوصلات أو التقويس أثناء وضع المواسير من دخول المواد الناعمة بحمايتها بالحيش أو أى مادة تفاعلة مناسبة.

تخطيط المصارف المنطاة وتصميمها

يعتمد تخطيط المصارف المنطاة على طبوغرافية سطح الأرض ونوع التربة، ففي حالة الأراضي الصودية يجب أن لا تتصرفها مواسير الصرف حتى لا يسبب الحفر والردم حدوث (Puddling) مما قد يعطش الأمر جمع كثير إلى ردم خنادق الحفر فوق المواسير بالوط . كذلك يعتمد وضع المصارف على تباينة طبقات التربة وعلى نوع الحماية المطلوبة للحقل ومن أجل ذلك تجري الأعمال الآتية قبل البدء فى تنفيذ مشروع الصرف المنطى :

أولاً - البحوث والدراسات المطلوبة :

من أجل الوصول إلى كفاءة عالية لفعاية الصرف الحقل يجرى عمل الآتى :

أ - إبعاد الحرايط المساحية اللازمة للباحث والتصميم والتنفيذ وتحتوى :

١ - خرائط مقياس ١ : ٥٠,٠٠٠ ليان مواقع المناطق المطلوب صرفها والمباحث التي تمت والجاري عملها والمطلوب إجراؤها ،

٢ - خرائط مقياس ١ : ٢٥,٠٠٠ يرفع عليها أية مزاوى أو معارف رئيسية وطرق ، ونقط تقاطعها كإبين عليها خطوط الكتور بفترة كتورية : ١٠ متر لنرض تحديد التخطيط العام بالنسبة للمجمعات ، وكذلك يوضح على هذه الخرائط ، واقع نقط الرصد واليزومترات للمياه الأرضية ، ومواقع قياس النفاذية ومعامل التوصيل الهيدروليكي وملوحة التربة والمسامية ،

٣ - خرائط مقياس ١ : ١٠,٠٠٠ يرسم عليها خطوط الكتور بفترة كتورية ١/٤ متر لتحديد التخطيط التفصيل لشبكة الصرف بالنسبة للمجمعات والمخليات وتحديد انحدار سطح الأرض ، كما يوضح عليها مناسيب المياه الأرضية واتجاهات سيرها وملوحتها ، علاوة على بيان معامل التوصيل الهيدروليكي والمسامية ،

٤ - خرائط مقياس ١ : ٢٥٠٠ لتخطيط المجمعات وتنفيذها وبيان تعريشات الزراعة ،

ب - عمل الملاحظات السبكية لإنشاء الخرائط الكتورية بالمقاييس والفترات الكتورية المطلوبة ودراسة طبوغرافية المنطقة والتفاصيل المساحية لها ،

ج - عمل المساحات اللازمة لتحديد نوع التربة وبنائها وأماكن طبقاتها لاسيا الطبقة السواء أو ذات النفاذية الضعيفة ،

د - قياس بعض الخواص الطبيعية لطبقات التربة مثل معامل التوصيل الهيدروليكي والملوحة و

هـ - دراسة المياه الأرضية لقياس أعماقها وملوحتها وتحديد اتجاهات سيرها .

ثانيا - أعمال التمهيمات اللازمة لشبكة الصرف :

١ - عمل القطاعات الطولية والعرضية للمصارف المكشوفة الموجودة أو المطلوبة وبين عليها مناسيب أقصى تصرفات عند مصبات المجمعات ،

ب - تخطيط المجمعات على خرائط مقياس ١ : ٥٠٠٠ أو ١ : ١٠٠٠ حيث يحدد المسافة بين أطوال الحفليات وهي من ١٥٠ - ٣٠٠ متر كما أنه قد يحدد المسافة بين المجمعات حدود الحقول والملكيات والانحدارات المختلفة لسطح الأرض علامة على أقل عمق للصرف وأعلى مناسيب لمياه المصارف الرئيسية ،

ج - عمل قطاعات طولية للمجمعات يوضح عليها مناسيب أرض الزراعة ومواقع غرف التفتيش ومناسيب حفرها ومواقع ومناسيب مصبات الحفليات ،

د - وسومات وقطاعات تفصيلية للأعمال الصناعية من غرف تفتيش ومفتزكات وأحدهة غسيل ومصبات وسطارات وغيرها ،

هـ - تخطيط اتجاهات المجمعات والحفليات ،

و - تحديد أقل عمق لازم للصرف والذي يقع باستمرار في منتصف المسافة بين كل مصرفين ،

ز - تحديد مقنات الصرف ،

ح - تحديد أقطار الحفليات وانحدارها وأطوالها ،

ط - د د د المجمعات د د د

ي - د المسافة بين الحفليات ،

ك - معرفة مدى تذبذب منسوب المياه الأرضية عند خط المصارف في مدى

فصل كامل نحو المحصول على الأقل ،

ل - دراسة التسرب بالتربة وتقدير معامل الصرف الباطني ،

م - تحديد ميل المصارف وسرعه المياه بها و

ن - رسم منحى المياه الأرضية المتوقع حدوثه نتيجة تنفيذ مصارف .

٣ - انواع تخطيط للمصارف المختلفة :

١ - لرأى مستوية السطح أو قليلة الانحدار حيث عمق مستوى الماء

الأرضي متماثل :

يمكن التخطيط في مثل هذه الأحوال على هيئة خطوط متوازية مستقيمة

بقدر استطاع تصب متعامدة في مصارف أكبر منها (مجتمعات) وهذه بدورها تصب في

مصارف الدرجة الأولى (مكشوفة) ومنها إلى المصارف العمومية ويتبع هذا

التخطيط طريقتين كالآتي :

١ - تخطيط متقابل :

حيث يتقابل كل خطين عند مصبها بالجمع وتكون الحفليات على هيئة خطوط

مستقيمة كما هو واضح بالشكل :



شكل ١١٢ : تخطيط متقابل للمصارف .

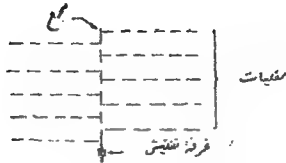
٢ - تخطيط متبادل :

وفيه لا تتقابل الحفليات عند المجمع بل يصب كل منها في المجمع بعيدا عن الحقل الذي

يراهجه كما في الشكل ، ويمتاز هذا التخطيط بعدم ازدحام المياه في قطاع واحد

من المجمع وبالتالي حسن توزيع ودخول وتجمع المياه . وفي هذا النوع من

التخطيط يمكن الاستثناء من غرفة التفريش أو نقط الاتصال في كثير من الأحيان .

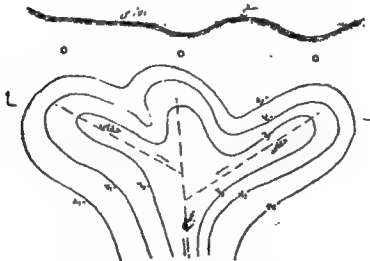


شكل ١١٣ : تخطيط متبادلا المعارف .

ب - لولسي غير مستوية أو منسوب المياه الأرضية فيها غير منتظم ؛
ويتبع في مثل هذه الحالة أحد الطرق الآتية :

١ - الطريقة الطبيعية أو الطوائرية

(Natural or Randum System of Drainage)



شكل ١١٤ : الطريقة الطبيعية لتخطيط المعارف .

تتبع هذه الطريقة في المساحات الصغيرة أو المساحات المنزلة حيث توضع
الخطبات في المنخفضات الفرعية ومنفرعة في أي مناطق متعرجة يتناوب وضع المجموع في



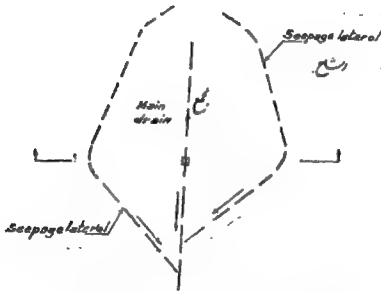
شكل ١١٥ : الطريقة الطبيعية أو العشوائية لتخطيط المصارف.

أولى أو في المنخفض الرئيسى بالمساحة ولا يمكن في مثل هذه الأحوال التقيد بمسافة معينة بين الخفليات كما هو واضح من شكل ١١٤ وشكل ١١٥.

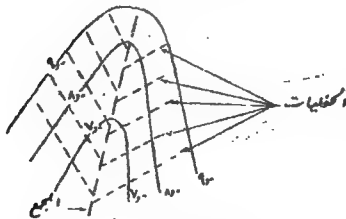
ويكتفى عادة بوضع خط من المصارف في وسط المساحة المطلوب صرفها إذا قل اتساعها عن ٥٠ متر أما إذا زاد العرض عن ذلك فتوضع مصارف رشاشة (seepage drains or laterals) حول المساحة عند كل جانب بالإضافة إلى المصرف الرئيسى بوسط المساحة كما في الشكل ١١٦ .

٢ - طريقة هيكل أو عظام السمكة (Herringbone system):

كما هو واضح من تسمية الطريقة ومن شكل ١١٧ فإن هذه الوسيلة تستعمل في المناطق أو المنخفضات التي تنحدر فيها سطح الأرض انحداراً منتظماً من الجانبين إلى وسط المنطقة تقريباً حيث يوجد المنخفض الرئيسى وحيث يوضع المجموع الرئيسى الذي تنحدر إليه من الجانبين جميع الخفليات والتي توضع على مسافات متساوية ضامناً لانتظام صرفها. إذا لم تختلف قطاعات التربة في المساحة أى في خطوط متوازية لا تتلاقى مصباتها وحتى لا تزدهم المياه في المجموع .

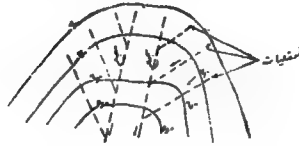


شكل ١١٦ : تخطيط المصارف بالطريقة الطبيعية لمساحة يزيد
عرضها عن ٥٠ مترا .



شكل ١١٧ : طريقة ميكل السمكة .

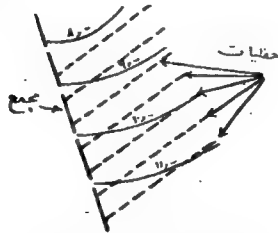
٣ - طريقة المجمعين (Double Main System of Drainage):



شكل ١١٨ : طريقة المجمعين لتخطيط المصارف .

هذه الطريقة مشابهة للطريقة السابقة، إلا أن المنخفض الرئيسي وسط المنطقة حريضان ومستويا، مما يستدعى استعمال مجعنين كما في شكل ١١٨ بدلا من مجمع واحد، قد ينظر منه إلى عمل الحقايات بالانحدارات مختلفة وفق انحدار سطح الأرض. وإذا زاد عرض المنخفض جدا فقد يعمل شبكة صرف أخرى ما بين المجمعين .

٤ - طريقة الشبكة (Gridiron System of Drainage):



شكل ١١٩ : طريقة الشبكة لتخطيط المصارف .

وتستعمل هذه الطريقة في الأراضي ذات الانحدار المنظم الغشيل، أو الأراضي المنبسطة حيث يوضع المجمع في حدود الأرض، وتنفذ المصارف الحقلية متوازية تصب على زوايا حادة أو قائمة في المجمع الرئيسي كما في شكل ١١٩ .

والمعتاد هو وضع المصارف في اتجاه أكبر ميل أى متعامدة مع خطوط الكنتور وتسمى الصرف الطولي (Longitudinal drainage) وذلك إذا قل الانحدار عن ١:١٠ . أما في حالة زيادة الانحدار عن ذلك فتوضع المصارف في اتجاه خطوط الكنتور أى في اتجاه عرضى على أكبر ميل، وتفضل هذه الطريقة لإمكان زيادة المسافة بين المصارف ولقلة سرعة المياه بالمصارف العرضية أثناء سيرها إلى المجمع الرئيسي الموضوع في اتجاه طولى ، مما يزيد من سرعة المياه به . وبالتالي تكون سرعة المياه في زيادة مطردة من المبدأ حتى المصب .

وقد تعنى المصارف المنشأة على طريقة هيكل أو عظام السمكة وكذلك المصارف المنشأة على طريقة الشبكة بمصارف معدونة أو مصارف تخفيف (Relief drains) حيث تساعد على إزالة الأضرار الناجمة عن مياه الصرف الزائدة .

٥ - طريقة المصارف القاطعة :

وفيها يوضع خط المصارف كي يقطع تدرج المياه الواقعة من مجارى مائية تجري بها المياه بتناسب مرتفعة أو المياه الواقعة من أراضي مرتفعة المنسوب إلى أخرى منخفضة المنسوب، وتحفظ هذه المصارف التربة من زيادة محتواها الرطوبى ومن (تطيلها) .

وايضا - ملاحظات عامة :

يراعى فى تخطيط المصارف الخطأ المبادئ الآتية :

١ - يوصى بوير (Bouwer, 1955) على أمر دراسة له من تأخير اتجاه الحقلية - بوضع هذه الحقلية بحيث تعمل زوايا ما بين ١٠° و ٣٠° مع خطوط الكنتور مما يسمح بانحدار أو بميل (Grade) مناسب للمصارف أكثر فعالية لقطع سريان المياه التحت سطحية والسطحية ،

٢ - يفضل ألا تزيد أطوال الحقلية عن ١٠٠ متر فى الأراضي ذات الانحدار البسيط كما يجب ألا يتعدى طولها ١٥٠ مترا حتى لا يضطر إلى تعميق المجمعات كثيرا مما يكلف مبالغ باهظة . وفى حالة الاضطرار إلى زيادة الطول عن ١٥٠ متر إلى ٢٠٠ متر يعمل مياها ٠.١٪ فى المتوسط كما تتمثل مجمعات ثانوية لاستقبال مياها ،

٣ - يجب ألا يزيد طول أى مجمع رئيسى عن ١٠٠٠ متر كما يجب ألا يزيد قطر مواسيره عن ٧٥ سم وذلك حتى لا يضطر إلى استعمال مواسير من الخرسانة المسلحة إذا زاد القطر ، مما يؤدي إلى زيادة تكاليف شبكة الصرف ويراهى الاستفادة من الانحدار الطبيعى فى توسيع المسافة بين المجمعات إلى ٢٠٠ أو ٤٠٠ متر لتكون شبكة الصرف مناسبة العمق من سطح الأرض ، وبصفة عامة يفضل أن يلغى طول المجمعات الرئيسية وتطول القرعيات ما أمكن ،

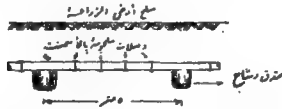
٤ - يحدد معامل الصرف (Drainage factor) بحيث يتم صرف التربة الزائدة بمعدل لا يعثر بالنباتات ويؤخذ عادة ما بين ١ و ٣ مم فى اليوم تبعا لنوع الزراعة وتبعا لظواهر الجوية ،

٥ - يجب أن يبعد المجمع الرئيسى عن المباني وخطوط الأشجار بمسافة

من ١٠ - ٢٠ متر لاسيا أشجار الجزوينا والصفاف التي تدير جذورها مع الماء ،

٦- يعرف البنجر بأنه من النباتات التي تسد خطوط الصرف والتي قد يصل حجمها إلى ١٥ متر ولكن بعد جمع المحصول فإن هذه الجنوت تموت ، وبالتالي يعود الصرف إلى حالته الطبيعية بعد عمل الصيانة اللازمة ،

٧- يحسن اتباع الخنادق الرشاحة (أنظر شكل ١٢٠) في المساحات المنزوعة حدائق ، لتفادي دخول جذور الأشجار وصلات المواسير مسببة انسدادها وعدم دخول المياه إليها . ويمكن استعمال فرشاة وسبخ حديدى أو إدخال أى محلول



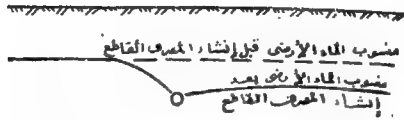
شكل ١٢٠ : خط مواسير صرف موضح به الخنادق الرشاشة

عالي الجودة في خط الصرف لتخلص من أى نباتات تقسب في انسداد خط الصرف ،

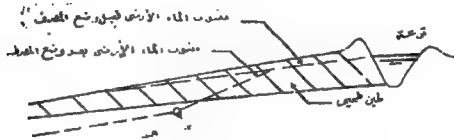
٨- تحسب التكاليف لأي مشروع مع عمل أكثر من تخطيط إن أمكن وحساب التكاليف لكل تخطيط بحيث يشمل الأعمال الصناعية وجميع الاعتبارات ثم يتخذ ماهر أكثر اقتصادا ،

٩- في حالة وجود أراضى مرتفعة مجاورة لأراضى منخفضة يجب الفصل بينها بمصرف قاطع (Interceptor drain) منطى أو مفتوح لحماية الأراضى

الرافطة بتخفيض منسوب المياه الأرضية، سواء كان مصدر المياه من منطقة بعيدة من المساحة المراد صرفها حيث تسمى في هذه الحالة مياه غريبة (Foreign water)، أو كان مصدر المياه قربة مجاورة ،



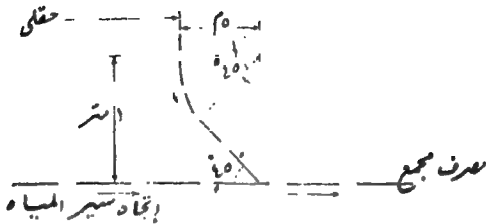
شكل ١٢١ : مصرف قاطع لمياه غريبة (Foreign water) :-



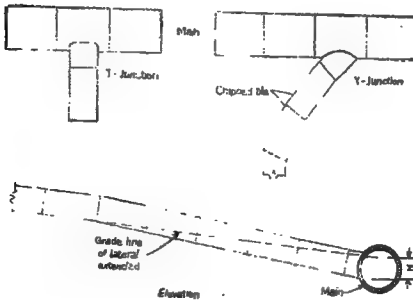
شكل ١٢٢ : مصرف قاطع لمياه رشع من قربة.

١٠ - اتصال الحفليات بالجمع ينبغي أن يعمل ذوايا حادة من ١٥° - ٤٥° لتسهيل مسار خطوط المياه داخل الحقل وإلى المجموع وبعيدا عن اتصالها . وفي حالة زيادة ذوايا الاتصال عن ذلك يعمل متحنى اتصال مناسب كما هو مبين بشكلي ١٢٣ ، ١٢٤ . ويوضع عادة صندوق اتصال عند أى تغير في الاتجاه أو توضع وصلة مناسبة ، كما يراعى أن تقطع الحفليات التجمع قبة أو تتقاطع خطوطها مركز الرئيسية والفرعيات .

ويراعى أن تدخل ماسورة المصرف ذوات قطر الأصغر في وسط ماسورة المصرف،



شكل ١٢٣ : متخني اتصال لصرف حقل عمودي على مصرف مجمع .



شكل ١٢٤ : اتصال المصارف .

ذو القطر الأكبر أى ليس عد قمتها أوقاعدتها، كما يراعى أيضا زيادة الانحدار قبل اتصالها بمسافة من ٣ - ٦ متر حتى تزيد سرعة المياه و تصبح قادرة على حمل أى رواسب،
١١ - يراعى أن يكون التخطيط مستقيما والتغيرات الضرورية إما صرف

اتصال أو غرف تفنيش، أما إذا اضطر الأمر لعمل منحنيات فيجب ألا يقل نصف قطر المنحنى عن خمسة أضعاف قطر مواسير الصرف المستعملة في حالة التنفيذ اليدوى، أو منحنى لا يقل قطره عن ٥٠٠ متر في حالة التنفيذ الآلى حتى يسمح لماكينات التنفيذ بالحفر والتوجيه،

١٢ - تضم المنطقة إلى وحدات صرف في حالة اختلاف نفاذية التربة أو اختلاف التسرب من المجارى المائية المجاورة، ويمكن عمل مجمعات ثانوية لكل واحد منها يختص بمجليات نوع معين حسب الصرف وفى هذه الحالة قد تختلف المسافات بين حطيات كل نوع،

١٣ - توضع مصبات المصارف بصفة عامة في أنسب المواقع وأكثرها انفضاضاً، بحيث يكون منسوب الراسم السفلى للحطى عند مصبه في المجمع أعلى بمقدار ١٠ سم على الأقل من محور المجمع كي يساعد على عدم ارتداد مياه المجمع، أما في حالة المصارف المفتوحة فيجب أن يطو الراسم السفلى للأسورة المحسوب ٢٥ سم على الأقل فوق منسوب الفيضان للصرف المفتوح مع تسكية مسيل الصرف المكشوف لمنع البحر،

١٤ - يراعى الإقلال من عدد المصببات بقدر المستطاع حيث تنشط شبكة الصرف لتتولى كمجمعات لا يزيد طولها عن ١٠٠٠ متر كما سبق ذكره وذات ميول من ٠.٣ إلى ٠.٧٪،

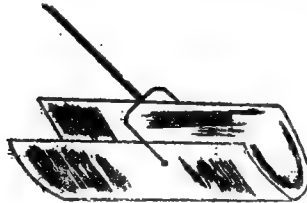
١٥ - يراعى الاستفادة بأقصى ما يمكن من انحدارات سطح الأرض الطبيعية،

١٦ - يراعى أن تكون اتجاهات مياه الصرف داخل المصارف في اتجاه مسار المياه في المجارى المائية المختلفة،

١٧ - يراعى تفادى التقاطعات مع الجارى المائية العمومية والمساق الحقلية التى يزيد عمقها عن ٥٠ سم من أرض الوراثة وفى حالة الضرورة يمكن أن تعمل التقاطعات زوايا ٤٥° أو أكثر مع بعضها ، مع تنفيذ خط الصرف بالحرسانة لمنع أى تدفق مباشر من تلك المساق ،

١٨ - يراعى تفادى وضع المصارف المنطاة حيث التربة تحتاج للتثخير من تكاليف الإنشاء والصيانة ،

١٩ - يبدأ فى إنشاء المصارف المنطاة وقت انخفاض منسوب المياه الأرضية ، ويتم التخطيط بدق أوتاد على طول المصرف ، وتعمل الميزانية ثم تحدد المناسيب اللازمة للحفر ، ويجرى الحفر عادة فى أضيق الحدود ويستعمل جازوف ذو شكل خاص (أنظر شكل ١٢٥) كمن يعطى دوران محيط حوائط مواسير الصرف لتقليل ضغط الأتربة على المواسير ،



شكل ١٢٥ : جاروف خاص بعمل الدوران اللازم حيث تستقر مواسير الصرف.

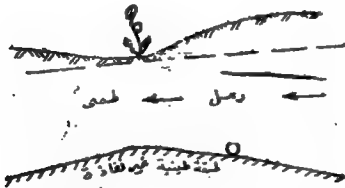
٢٠ - يصمم مشروع الصرف بحيث لا تصل المياه المنطوية إلى خط الانايب

مباشرة وذلك بعمل فتحات لجمع المياه السطحية ومنعها من الوصول إلى المواسير من طريق الرومات أو بعمل مصرف مستقل مفتوح يجمع هذه المياه ،

٢١- لاستعمل وصلة الذكر والأنثى في الحفلات ذات الرومات
النهر ملحومة ،

٢٢- توضع المصارف في طبقات التربة الأكثر نفاذية كلما أمكن ذلك و

٢٣- في حالة ارتفاع الطبقة النهر نفاذية إلى قريب سطح الأرض يوضع خط
تجاه المربيع (Uphill side of barrier) في الطبقة النفاذة كما هو مبين
بشكل ١٢٦ .



شكل ١٢٦ : وضع المصرف المنطلي عند ارتفاع الطبقة الصماء
تجاه سطح الأرض

تحديد عمق مواسير الصرف

يعتمد عمق المصارف على طوبوغرافية سطح الأرض وعلى مدى انخفاض
منسوب الماء الأرضي الذي يجب أن يحقق التهوية اللازمة ويحقق كمية المياه التي
يحتاج إليها النبات لنموه، وبالتالي فإنه يعتمد على المسافة بين المصرفين ونوع التربة،

لأنه يزيد معدل حركة المياه الأرضية كلما زاد عمق الصرف في الأراضي الخفيفة ،
والعكس بالعكس في الأراضي ثقيلة القوام. كذلك يعتمد عمق الحصارف على طريقة
الرى ومعامل الصرف ، وعلى نوع النبات المزروع وعمق جذوره وكيفية المياه اللازمة
له . كما يعتمد العمق على الزمن المطلوب لتخلص من مياه الصرف أثناءه . ويقول
نيل (Neal) أن المحاصيل لا يحدث لها تلف يذكر إذا كان منسوب الماء الأرضي
على عمق ١٥ سم من سطح الأرض وخفض بمعدل ٢٠ سم في اليوم لعمق ١٥ سم
التالي وبمعدل ٢٠ سم / يوم لعمق ١٥ سم ثالثة ، وفي الفاظ أخرى فإن الضرر
لا يذكر إذا وصل منسوب الماء الأرضي إلى عمق ٤٥ سم من سطح الأرض في
مدة $1\frac{1}{2}$ يوم أو أقل بعد الرى مباشرة .

	٣١٥ معدل الرى حسب مقربة
$\frac{1}{4}$ يوم	٣١٥ معدل ٣٢٠ / يوم
$\frac{3}{4}$ يوم	٣١٥ معدل ٣٢٠ / يوم
$1\frac{1}{2}$ يوم	

شكل ٩٢٧ : معدلات خفض مياه الرى أو المطر بالقرب.

كذلك يعتمد عمق الحصارف على منسوب فتحة الصرف التي كثيرا ما تتحكم
في منسوب شبكة الصرف إن لم يكن من المستطاع تغييرها أو استعمال
آلات رافعة .

وتوضع خطوط الصرف عادة في أكثر طبقات التربة نفاذية طالما كانت تحت
منسوب الماء الأرضي المطلوب الوصول إليه بعد خفضه ، وطالما تسمح اقتصاديات
المشروع بذلك . أما إذا كانت التربة لا تحتوى على طبقات نفاذة أو كانت الطبقة

النافذة ليست على عمق ثابت من سطح الأرض، فلابد من الرجوع إلى أنسب الأحماق صلاحية، وإذا اضطر الأمر إلى وضع المعرف في طبقات قليلة النفاذية فإن المهم تغليف المعرف بطوله بطبقة أو غلاف من الزلط (Gravel envelope)، وواضح أن أهل منسوب المياه الأرضية هو في وسط المسافة بين المصارف، كما أنه من المعلوم أنه كلما زاد عمق المياه الأرضية كلما قلت كمية المياه التي يمكن للنبات استغلالها وامتصاصها من التربة (Available water) وعلى هذا الأساس فقد حسب وسلنج ويك (J. Weesseling & W.R. izk) أقصى عمق المعرف كالآتي :

$$\Delta G_s + J = E - P = W_d \quad [85]$$

حيث :

(ΔG) : الفرق في كمية المياه المخزنة في التربة بين بداية ونهاية الموسم الزراعي المحصول ،

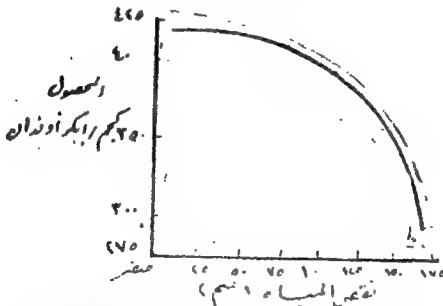
(J) : كمية المياه الداخلة إلى منطقة جذور النبات سواء من الري أو الخاصة الصخرية أو أي مورد آخر ، ولا بد من الإشارة هنا أنه يقصد بعمق منطقة الجذور : العمق الذي فوقه لا يجب للباء الأرضي أن يتذبذب ، ويعتبر عادة مساويا للمسافة بين سطح الأرض و سطح الماء الأرضي عند منتصف المسافة بين المصارف بعد ٤٨ ساعة من الري مباشرة ، ويتوقف هذا العمق على حالة الجو (Climate) والمحاصيل، وفي الأراضي التي تقاس مشاكل الملوحة والجو وطب نسيما ويحتوى مياه الري من الأملاح قليل فإن عمق منطقة الجذور من ٦٠-٩٠ سم يتكون كافيا، أما الأراضي بالمناطق الجافة تحت الري وحيث الملوحة من المشاكل الهامة لا يجب أن يقل هذا العمق عن ١٢٠ سم .

(E) : مياه البحر والتيح من محصول جيد ويعد بالماء بصفة مستمرة حسب حاجة ،

(P) : مياه المطر و

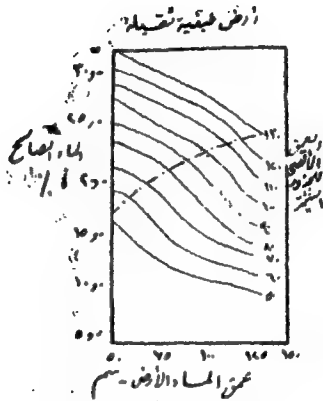
(W_d) : كمية نقص المياه والمسوح به (Water deficit) في قطاع التربة والتي تعادل كمية المياه الممكن للنبات استعمالها أو الماء الصالح (Available water) .

والحصول على السكبة (J + ΔG) فإنه من شكل ١٢٨ الذي يمكن تحديده عمليا بالحقل لثقل الحاصل ويمكن الحصول على (W_d) أى نقص المياه المسوح به والتي تساوى (E - P) كما تساوى (ΔG + J) كما هو مبين بالمعادلة ٨٥ وبعد



شكل ١٢٨ : العلاقة بين المحصول ونقص المياه (Water Deficit) .

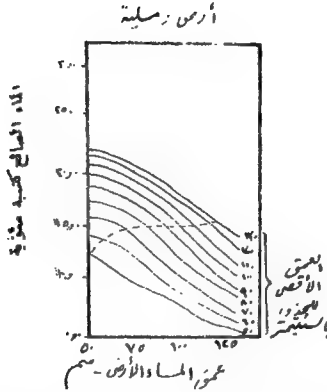
تحديد هذه القيمة فالمفروض أنها تساوى كمية المياه التي يمكن للنبات استعمالها (Available water) ، أى الماء الصالح؛ وهنا يمكن تحديد أقصى عمق للجذور من شكل ١٢٩ ، ١٣٠ وعلى أساسه يحدد عمق الصرف بحيث يبطى أقصى عمق



شكل ١٢٩ : العلاقة بين عمق الماء الأرض والماء الصالح لأرض طينية ثقيلة .

الجذور وسط المسافة بين كل مصرفين متتاليين . ولا يجب أن يقل عمق الخفليات من ٩٠ سم في المبدأ ومن ١٠٠ متر في النهاية إذا بلغت أطوالها ١٠٠ متر . وقد اقترح نيل (Neal) المسادلة الآتية لإيجاد العمق من تجاربه بفولاية تكسون الأمريكية وتحليلاته الإحصائية :

$$D = \frac{17.5}{(M_o)^{0.5}} \quad [86]$$



شكل ١٢٠ : العلاقة بين عمق الماء الأرضي والماء الصالح لأرض رملية
وبين المنحنيان المتقطعان لقاء عمق الجذور مع منسوب الماء الأرضي.

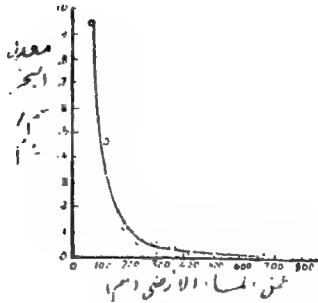
حيث :

D : عمق قاع المصرف المنطى بالتقدم عمق سطح الأرض و

M_0 : المكافئ الرطوبي للتربة .

تأثير البخر على عمق التصريف :

أثبت جاردنر وفيرمان (Gardner and Firman, 1958) أن معدل
البخر من الماء الأرضي يقل كلما زاد بعد سطح الماء الأرضي عن سطح الأرض،
وأن هذا المعدل يرتفع جداً إذا بلغ عمق الماء الأرضي ما بين ١٠٠ - ٢٠٠ سم



شكل ١٣١ : العلاقة بين البحر وعمق الماء الأرضي .

كما هو واضح من شكل ١٣١ ، لذلك فإن الخطير جدا في حالة وجود أملاح بالماء الأرضي أن يقل عمق الماء الأرضي عن متر واحد، إذ يؤدي ذلك إلى ترسيب الأملاح على سطح الأرض وزيادتها في المنطقة المحصورة بين سطح الأرض ومنسوب الماء الأرضي وهي منطقة جفود النبات، مما يؤدي من تركيز الأملاح بهذه المنطقة لدرجة تؤذي النبات وتؤدي إلى قلة المحصول، بل قد تؤدي إلى موت النبات في كثير من الأحيان، ولذلك يفضل في الأراضي الملحية أن يزيد عمق منسوب سطح الماء الأرضي عن متر من سطح الأرض .

كذلك استفتح جاودنر وفايرمان أنه إذا زاد عمق المياه الأرضية عن ٢٠ سم فإن معدل البحر يقل جدا، وبالتالي فإن حركة الأملاح إلى السطح : تكاد تكون معروفة التأثير . ولذلك فإنه يتصح في المناطق الجافة التي تعتمد على الري الصناعي، كما هو الحال في مصر بأن يخفض مستوى الماء الأرضي إذا احتوى على كمية كبيرة من

الأملاح إلى عمق لا يسمح بحركة الماء إلى أعلاى إلى سطح الأرض بالخاصية
القصيرية بصورة قد تؤدي إلى تراكم الأملاح نتيجة تبخر المياه المحتوية على
الأملاح مما يسبب زهر الأرض وملوحتها، والعمق المقترح هو من ١٨٠ سم
إلى ٢٠٠ سم من سطح الأرض .

وقد حصل د: ف عامر ، د: م . الجبلى عام ١٩٦٢ على علاقة بين عمق سطح
الماء الأرضى اللازم لأراضى جنوب دلتا النيل وبين تركيز الأملاح بالطبقة
السطحية (من صفر إلى ١٥ سم) كالآتى :

$$\frac{1}{O} = 0.156 - \frac{7.648}{W} \quad [87]$$

حيث :

O : تركيز الأملاح بمحلول التربة اللقيح بالماء لطبقة سطحية معينة

W سم و

W : عمق سطح الماء الأرضى .

كما يتنا إحصائيا أنه لا بد أن يعد سطح الماء الأرضى مسافة ٩٠.٧٢ سم عن
سطح الأرض حتى يقل تركيز الأملاح بمحلول التربة اللقيح عن ٢ مليون/سم .
وبعد التجارب بالأراضى المصرية اتى أبحاثها وزارة الري على أن متوسط
العمق المناسب لمواسيد الصرف هو كالآتى :

١.٢٠ متر فى الأراضى الرملية

١.٢٠ متر فى الأراضى الطينية

١.٥٠ متر فى الأراضى الطينية

وإن كان الأفضل أن يزيد العمق عن ذلك كثيراً (من ١,٨٠ - ٢,٤٠ متر)
فكلما زاد العمق وحدة واحدة أمكن زيادة المسافة بين المصارف ٢٤ وحدة مما
يوفر كثيراً من التكاليف .

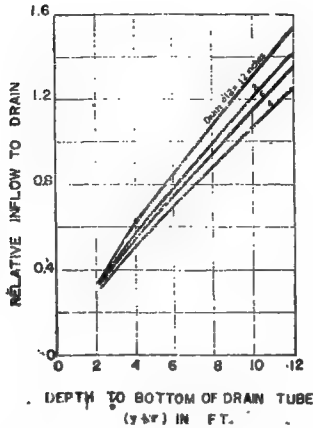
وتتبع الاحماق الآتية في كاليفورنيا :

لا يقل عمق الماء الأرضي عن ١,٥٠ متر للأراضي متوسطة القوام، وحوالي
١,٨٠ متر للأراضي ناعمة القوام ، مما يعني أنه من أجل التحكم في الأملاح لابد
من وضع المصارف على عمق أكبر من ١,٨٠ متر .

والملاحظ أنه إذا وضع مصرف منطلي فوق منسوب الماء الأرضي فإنه لن
يجمع أية مياه حتى يرتفع الماء الأرضي إلى منسوب المصرف ثم يظل منسوب
الماء الأرضي مرتفعاً بصنفة دائمة عن منسوب خط الصرف ما عدا في المنطقة
الجاورة للمصرف ذاته .

وتكفل الدولة في ج.ع.م. عمق صرف حقل مقداره ١,٢٥ متر ببيع
الأراضي الراحية بعد أن قروا وزارة الري خفض منسوب المصرف بالمصارف
العامة إلى ٢ متر .

وقد أعطى كركهام تأثير عميق المصارف وأعطاهما كما هو موضح
بشكل ١٢٢ :



شكل ١٢٢ : تأثير تعميق المصارف وأنظارتها على التصريف.

تحديد المسافات بين الحفريات أو المصارف

أولاً : مقدمة :

من أهم العوامل التي تؤثر على حركة المياه أو تدفقها إلى مواسير الصرف وبالتالي تؤثر على المسافة بين المصارف الآتي :

- ١ - نفاذية التربة ومكوناتها ومساميتها ونوعية سطحها وقوة الالتصاق به
- ٢ - خلوة على الخواص الكيميائية لها ومحتوياتها من الأملاح ومحتوى التربة

، (Specific yield)

٢ - العمق حتى الطبقات ضخمة التعاذية أو السماء ومبرها وحركة المياه الأرضية وانحدار الأرض المطلوب صرفها واتجاهاتها ،

٣ - نوع المياه المستمدة لرى وصفاتها من لولوجة وخلافه وطريقة استخدامها وطول فترة الرى وعدد الريات ،

٤ - الخواص الهيدرولوجية للمنطقة وشدة الأمطار وفترة هطولها وتوزيعها ،

٥ - العوامل المسيطرة على إنتاجية الأرض كطرق التسميد والرواقه وأنواع المحاصيل وغيرها و

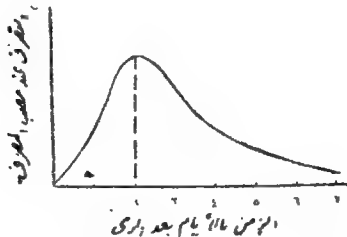
٦ - عمق المصارف المخططة وأقطارها وانحداراتها وتنظيمها وطريقة رصها أو مواد الردم التي تستعمل بعد رص الخفليات

لذلك فإن المسافة بين الخفليات والمصارف وعقبا تعتمد على الاحتياجات المصرفية للمحاصيل الزراعية (Drainage Requirements) التي تأثرها ما بين أولها مدى سرعة التخلص من المياه بمنطقة جذور النبات ، وعمق الجففور حتى لا تطول فترة تشبع التربة بهذه المياه حول الجففور حيث يكثرت التربة محتاج إلى الهواء لتأدية وظيفتها وحتى لا تفقد التربة حرارتها المناسبة لنمو النبات والعامل الثاني هو الاحتياجات التسييلية .

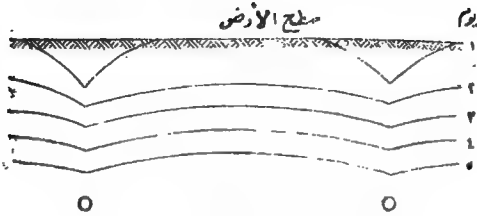
وقد فكر حديثا في أخذ عامل البحر كأحد العوامل التي تؤثر تأثيرا غير مباشر على تحديد المسافة بين المصارف من طريق خفض منسوب المياه الأرضية خصوصا في البلاد الحارة والواقع أنه متى يحدد عمق مواسير الصرف تصبح المسافة بين الخفليات متوقفة على المنسوب المسموح به للنياه الأرضية . وبصفة عامة فإنه إذا زاد العمق ٢٠ فإنه يقابلها زيادة في البعد بين المصرفين تصل في بعض الأحوال إلى ٩٠

وسارت الدراسات في اتجاهات ثلاثة : حقلية ومعملية ورياضية حيث تطبق بعض النظريات مثل نظرية ديوي - فورشيير وقانون دارسي ومن العلماء الذين ساروا في الاتجاه الأخير بوييسك (Boissiesq) عام ١٩٠٢ وفيريس (Ferts) عام ١٩٥٠ وجولفر وشيفارد ودم . واعتمد بعض العلماء على تطبيق نظريات التدفق نصف القطري غير المنتظم مثل سبوتل (Spotl) عام ١٩١١ وولكر (Walker) عام ١٩٥٢ . واعتمد آخرون على نظريات وفروض طبيعية مثل كركهام أو على نظرية الجهد (Potential theory) مثل داجان (Dagan) عام ١٩٦٤ أو على نظريات التدفق المنتظم مثل كوستياكوف عام ١٩٥١ (Kosyakov) ولونين وحداد وغيرهم .

واعتادوا على أن انسياب مياه الصرف أو مياه التسييل أو كلاهما معا - إلى المصارف - غير ثابت مع الزمن كما هو واضح من شكل ١٣٣ وشكل ١٣٤ فقد حاول كثير من المهتمين بدراسة تحديد المسافة بين الحقول واستقبال الكثير منهم



شكل ١٣٣ : العلاقة بين التصرف عند مصب الصرف والزمن بعد الري.



شكل ١٢٤ : منظر عام لخطوط انسياب مياه الصرف بعد الري .

معادلات أو علاقات أو منحنيات بنوها على أساس تجارب قاموا بعملها في العمل
أو في الحقل ومن هؤلاء :

إنشغوى (Richevery) ، كيكى (Kepecky) ، جرهرد (Gerhardt)
وكورنلا (Kornella) ، روث (Rothe) ، ديزرنس (Diserans) ، وكوزنى
(Kozany) ، فوزر (Fausser) (ألماني) وجانوتا (Janota) (تشيكوسلوفاكي)
وشليك (Schlick) (ألماني) ونيل (Neal) الذي نورد قانونه لبساطته :

١ - قانون نيل (Neal) عام ١٩٣٤ :

$$S = \frac{12000}{(M_o)^{1.0} (R_d)^{1.48}} \quad [88]$$

حيث :

S : الساقطة بين المصارف بالتقدم ،

M_o : متوسط المكافئ الرطوبي كسبة في المادة و

R_d : معدل هبوط مستوى الماء الأرضي عند منتصف المسافة بين المصرفين
بالقدم / يوم .

وقد اعتمد نيل في استنباط قانونه على التحليلات الإحصائية التي أجراها لتجاربه الحقلية بولاية منسوتا (Minnesota) الأمريكية ولم يدخل في معادله معامل التوصيل الهيدروليكي مكتفياً بالكافء الرطوبي .

واستبظ نيل علاقة أخرى تربط عمق الصرف والبعد بين الحقلية مع حد الدونة (Planting limit) وما تحتويه التربة من طين .

وهناك بعض القوانين تعتمد في استنتاجها على قانون دارسي وعلى فروض ديوي وفورشيمر مثل قانون دونان السابق شرحه في باب المصارف المكشوفة ، والذي يمكن تطبيقه لإيجاد المسافة بين المصارف المغطاة . وقد اتبع كولدنج (Colding) نفس الأسلوب المتبع لاستنباط معادلة دونان إلا أنه افترض أن عمق الطبقة الصماء يساوي صفراً تحت المصارف المغطاة ، وعلى ذلك يوجد من تجاربه العديدة أن البعد بين الحقلية تمثله المعادلة :

$$S = 1.8 H \left(\frac{K}{R} \right)^{1/2} \quad [89]$$

حيث :

R : ارتفاع مياه الري أو المطر ،

K : معامل التوصيل الهيدروليكي ،

H : بعد مستوى سطح المياه الأرضية فوق سطح الطبقة الصماء عند منتصف

المسافة بين مصرفين و

S : المسافة بين مصرفين متتاليين

ومثل : دواين إسرائيل (Israelen) وكوزنى (Kozeny) ولان (Elaney) وبوين (Bowen) وسلانر (Slater) وهوغوندر (Hooghonds) ونغدم :

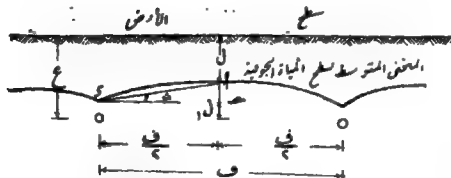
كما أن هناك قوانين اشتقاقية بسيطة بنيت على أساس مبادئ الهندسة المستوية والفسراخية مثل قانونى إتشفسرى (Eschevery) وسانت فرمونت (Saint Vermont) ومثل القانون التقريبى الآتى :

ب - القانون التقريبى :

وقد استعمل كثيرا فى ج.ع.م وهو كالآتى :

$$\text{ظا ث} = \frac{\text{ح}}{\frac{\text{ع} - \text{ل} - \text{ل}_1}{\text{ف}}} = \frac{\text{ح}}{\frac{\text{ف}}{2}} \quad [٩٠] \dots$$

$$\text{ونها :} \quad \text{ف} = \frac{2(\text{ع} - \text{ل} - \text{ل}_1)}{\text{ظا ث}}$$



شكل ٩٢٥ : تحديد المسافة (ف) بين مصرفين بالقانون التقريبى .

حيث :

ث : الزاوية المتوسطة لسطح المياه الأرضية ،

ع : عمق الحصارف تحت سطح الأرض ،
ل : أقل عمق لازم للعرف عند منتصف المسافة بين الحصرفين و
ل : متوسط ارتفاع منسوب المياه الأرضية فوق الحصرف مباشرة
وتؤخذ (ع) كالآتي :

١,٧٥ - ١,٦٥ متر في حالة التربة الطينية الثقيلة ،

١,٦٥ - ١,٤٥ متر في حالة التربة الطينية المتوسطة و

١,٤٥ - ١,٢٥ في حالة التربة الطينية الخفيفة .

وهناك قوانين أكثر دقة اشتملت على أساس قوانين الهيدروديناميك ، وتمتد
أساساً على معادلة لابلاس (Laplace) ، مثل قوانين دم (Dumm) وحامد
(Hammiad) وكركهام (Kirkham) وموسكات (Muskat) وغيرهم ،
وتستعرض الآن بعض الدراسات والتقوانين التي يمكن استعمالها في
الوطن العربي :

٣-١) بعض الدراسات الخاصة بالمسافات بين الحصارف :

١- دراسة شيلفجارډ ومساعدوه :

قام فان شيلفجارډ (Van Schilfgaarde) ومساعدوه عام ١٩٥٦ بعمل
بعض المقارنات لكثير من بيانات الحقل ، وبين بعض المعادلات والقوانين الخاصة
بتحديد المسافة بين الحصارف فوجدوا الآتي :

١ - في حالة اعتماد الحصرف على النض القائل بهبوط مستوى الماء الأرضي
مع الزمن وجدوا أن معادلة جلوفر (Glover) أنضل المعادلات استعمالاً
وهي :

$$\dot{S} = \pi \left\{ \frac{K D t}{2 f \ln \frac{4y_0}{\pi y_{s/2}}} \right\}^{1/2} \quad \dots [91]$$

والتي حاول (Tapp) ومودى (Moody) وكذا شيلفجارد عام ١٩٦٥ استبدال الرقم ٤ بمقام الطرف الأيمن بالرقم ٢,٧ كي تعطى نتائج مرضية أقرب للواقع .

كذلك حاول كمبر (Kemper) إضافة حد جديد للمادة ٩١ كي تصبح :

$$\frac{K}{f} = 1.3 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{S^2}{\pi^2 D} \ln \left(\frac{4y_0}{\pi y_{s/2}} \right) \quad [92]$$

حيث :

S : المسافة بين ١١ رف ،

K : معامل التوصيل الهيدروليكي ،

$\frac{y_0}{2} + a = D$ أى مجموع المسافة بين الطبقة الصماء ومحاور المصارف ونصف ارتفاع الماء الأرض عند بداية الزمن عن محاور المصارف ،

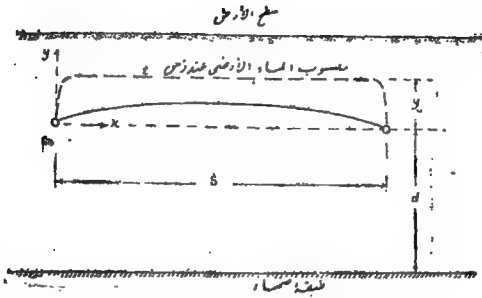
f : المسامية الفعلية (Drainable Porosity) وتساوى :

$$f = \frac{V - v}{V} \quad [92]$$

V : الحجم الظاهري الكتلة معينة من التربة ،

v : حجم المراد الصلبة بنفس الكتلة من التربة و

t : الزمن المطلوب لخفض مستوى الماء الأرض .



شكل ١٣٦ : تحديد المسافة بين مصرفين حسب معادلة جلوفر .

ويراهى في استعمال المعادلة ٩١ أن تكون (d) كبيرة جداً بالنسبة إلى (y₀) ولا تطبق معادلة جلوفر الآتية :

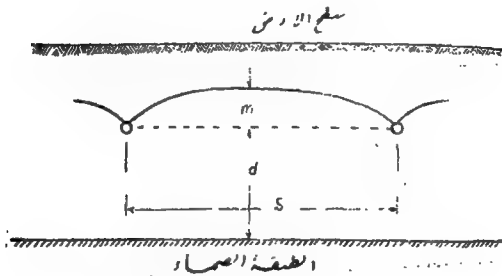
$$S = \left\{ \frac{9K y_0 t}{2f \frac{y_0}{(y_{s/2} - 1)}} \right\}^{1/2} \quad [94]$$

٢- في حالة اعتماد المعادلات على قوانين حركة المياه الثابتة مع الزمن (Steady state) وبعد فان شيلفجارد ومساعدوه أن الطرق التي اقترحها هوخ أوت (Hooghoudt, 1940) وفان دييمر (Van Deemer, 1949) تعطى حلاً مقبولة بالنسبة للحل :

٣- معادلات شيلفجارد عام ١٩٦٣ :

استطاع شيلفجارد معادلته التي فضل استعمالها عن معادلات جلوفر وهي :

$$S = \left\{ \frac{t K (y_0 + d)}{2 f \ln \left(\frac{4 m_0}{e \pi m} \right)} \right\} / \quad [95]$$



شكل ١٣٧ : تحديد المسافة بين مصرفين حسب معادلة فان شينجارد .

حيث :

S : المسافة بين المصارف ،

t : الزمن المطلوب لميوط مستوى الماء الأرضي ،

K : معامل التوصيل الهيدروليكي ،

d : عمق الطبقة الصماء تحت محوري المصرفين ،

f : الفراغات المسامية التي يمكن صرفها (Drainable pore space)

وتساوي ١.٠ ،

$m = m_0$ عند زمن (t) يساوي صفراً

$d + m_0 = y_0$

٤ - معادلة شلفيجارد عام ١٩٦٥ (مؤتمري جمعية المهندسين المدنيين الأمريكيين بمدينة موبيل بولاية ألاباما ما بين ٨ - ١٢ مارس)

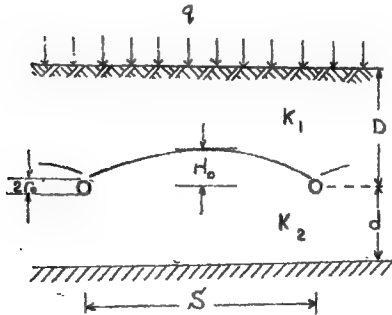
$$t = \frac{f S^2}{g K d} e^{\log \left\{ \frac{m_0 (2d + m)}{m (2d + m_0)} \right\}} \quad [90]$$

حيث الحروف تدل على نفس الدلالات بمعادله السابقة .

(ب) معادلة هوخ أوت :

إذا كان قطاع التربة مكون من طبقتين مختلفتي التربة يل الهيدروليكي، بمعنى أن معامل التوصيل الهيدروليكي لهما هما (K_1) ، (K_2) أو (K) إن لم يكنوا مختلفتين - فإن المسافة بين المصرفين هي :

$$S = \left\{ \frac{8 d_e K_2 H_0}{q} + \frac{4 K_1 H_0^2}{q} \right\}^{3/2} \quad [6?]$$



شكل ١٣٨ : إيجاد المسافة بين مصرفين بمعادلات هوخ أوت .

حيث

S : المسافة بين خطوط المصارف بالمتر ،

r_0 : نصف قطر مواسير الختليات ،

K_1 : معامل التوصيل الهيدروليكي للطبقة أعلى مواسير الصرف بالمتر / يوم ،

K_0 : معامل التوصيل الهيدروليكي للطبقة أسفل مواسير الصرف بالمتر / يوم ،

H_0 : بعد مستوى سطح المياه الأرضية عند منتصف المسافة بين خطوط المصارف المخطاة ومحور المصارف والذي يمثل أقصى ضاغط على الجوانب ،

q : تصرف المتر المسطح من الزمام المتفتح بالصرف م^٣/م^٢/يوم ،

d : البعد بين سطح الطبقة الصماء وبين محاور مواسير الصرف و

d_0 : العمق المكافئ وهو عبارة عن عمق طبقة منفذة تصدأ من أسفل طبقة تغشية صماء بحيث يمر في الطبقة للفضاء فرقها نفس التصريف بتدقيق أفقي تحت نفس الضاغط الهيدروليكي .

وقد قام مودى عام ١٩٦٦ (Moody) بتبسيط حساب العمق المكافئ كالآتي :

$$\frac{d_0}{d} = \left[1 + \frac{d}{8} \left\{ \frac{8}{\pi} \ln \left(\frac{d}{r_0} \right) - 3.4 \right\} \right]^{-1} \quad [98]$$

ووجد مودى أن هذه المعادلة صالحة في الحدود :

$$0 \leq \frac{d}{S} \leq 0.3$$

$$\frac{d}{L} > 0.3 \quad : \text{أما إذا كانت :}$$

فإن مودى يصبح باستعمال معادلة ماسلاند لعام ١٩٥٦ (Massland)
المختبرية :

$$\frac{d_c}{S} = \left\{ \frac{8}{\pi} \ln \left(\frac{S}{r_0} \right) - 1.15 \right\}^{-1}$$

وتعتبر معادلة هوخ أوت من أحسن الحلول التي قدمت رغم لإدخال
التقريب في كثير من خطواتها إذ أن المسافات الفعلية التي حسبت بها
تطابق النتائج التي تعطياها بدقة عالية .

مثال :

إذا كان عمق الحفريات عن سطح الأرض : $D = 1.80$ متر

وبعد الطبقة الصماء عن سطح الأرض : $D + d = 6.80$ متر

وقطر مواسير الصرف : $2 r_0 = 0.30$ متر

التصرف المطلوب صرفه : $q = 1$ م^٣/م/يوم

أقصى ضاغط على المواسير : $H_0 = 3.0$ متر تحت

سطح الأرض

معامل التوصيل الهيدروليكي : $K_0 = K_1 = 0.80$ متر/يوم

والمطلوب تحديد المسافة بين الحفريات (s) .

نفرض أن : $S = 80$ m.

$$\frac{d}{S} = \frac{5}{80} = 0.0625 < 0.3$$

$$\begin{aligned} \frac{d_e}{S} &= \left[1 + \frac{d}{S} \left\{ \frac{8}{\pi} \ln \left(\frac{d}{r_0} \right) - 3.4 \right\} \right]^{-1} \\ &= \left[1 + 0.0625 \left\{ \frac{8}{\pi} \ln \left(\frac{5}{0.10} \right) - 3.4 \right\} \right]^{-1} \\ &= (1.4)^{-1} \end{aligned}$$

$$\therefore d_e = 5 \times \frac{1}{1.4} = 3.55$$

$$\begin{aligned} S^2 &= \frac{8 d_e K H_0 + 4 K H_0^2}{q} \\ &= \frac{8 \times 3.55 \times 0.8 \times 0.3 + 4 \times 0.8 \times 0.3^2}{0.001} \end{aligned}$$

$$S = 85 \text{ m.}$$

ويرى فسر (Visser, 1954) أن معادلة هوخ أوت لها شقين يمثل
فيها الأول:

$$S^2 = \frac{8 K d_e H_0}{q}$$

الحالة عندما تكون الطبقة الصماء على بعد لانهاى ويمثل الشق الثانى:

$$S^2 = \frac{4 K H_0^2}{q}$$

الحالة عندما تكون الطبقة الصماء على منسوب مواسم العرف ، أما إذا

MODULUM FOR CALCULATING DISTANCES BETWEEN TILE DRAINS WHEN $K/q \leq 100$



شکل ۱۳۹ : نوموگرام لحساب المسافة بين الصارف عندما تكون: $\frac{K}{q} \leq 100$

رفعت الطبقة الصماء بين الخالتين فإن معادلة موخ أوت تستعمل بكامل شقيها .

ج- فرموجرامى أرنتس وبومانز (Ernest & Boumans) :

قام أرنتس وبومانز بعمل نموذجين للوصول إلى حل مباشر وهما
المبيان بشكل ١٣٩ وشكل ١٤٠ .

حل المثال السابق بتطبيق منحنيات أرنتس وبومان :

$$\frac{K}{q} = \frac{8}{0.001} = 800 > 100$$

ومن المنحنى بشكل ١٤٠ :

$$\frac{d}{H_0} = \frac{5}{0.3} = 16.7$$

$$S = 75 \text{ m.}$$

د- معادلة لورنتس :

$$H_0 = \frac{Q d_1}{K_1} + \frac{Q S^2}{8 (K_1 d_1 + K_2 d_2)} + Q S W_r$$

$$= h_v + h_h + h_r \dots [99]$$

أى أن الضغوط الهيدروليكي عند منتصف المسافة بين خطوط الحصارف :

(H_0) يساوى مجموع الثلاثة مركبات : الرأسية (h_v) والاقية (h_h)

والنصف قطرية (h_r) وحيث :

Q : تصرف المصرف المطلوب التخصص منه (متر/يوم) ،

d_1 : متوسط سمك طبقة التربة (بالمتر) أعلى الحفليات المختزة المياه ذات

معامل التوصيل الهيدروليكي (K_1) ،

HYDROGRAPH FOR CIRCULATING DISTANCES BETWEEN THE ORRINS, WHEN $K/q = 200$



بعد غدیه $K = \frac{H_0}{H_1}$ که در جدول زیر آمده است
 قطع $\frac{K}{H_0}$ می نمود، عدد مشابه دیگر

نمودارهای آرست و بوطان

شکل ۱۵: نمودارهای طایفه الماسه بین الحارثه و حصار، ۱۰۰ > $\frac{K}{H_0}$

d_0 : متوسط سمك طبقة التربة (بالمتر) أسفل الخفليات المخترزة المياه وذات معامل التوصيل الهيدروليكي (K_0) ،

W_r : دالة سترد طريقة حسابها .

ويمكن إهمال الحد الأول (h_v) من الطرف الأيمن للمعادلة ٩٩ إذا كانت التربة مكونة من طبقة واحدة متجانسة ذات تقاذية واحدة . أما الحد الثاني فينبه جزءا من معادلة هورخ أوت .

ولحساب الدالة (W_r) أخذ أرنتس في اعتباره الحالات الآتية :

٠١ : الصرف يقع ل الطبقة العليا والنسبة $\frac{K_2}{K_1} \geq 20$

$$W_r = \frac{1}{\pi K_1} \ln \left(\frac{4 d_1}{U} \right) \quad [100]$$

حيث :

U : المحيط المغمرور للصرف المغطى (أو المكشوف) والذي يؤخذ عادة مساويا لمرض الخندق الذي خفر للواسير مضافا إليه ضعف قطر المواسير ،

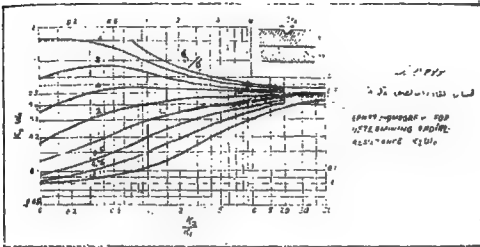
d_1 : متوسط سمك الطبقة العليا المخترزة للمياه وتساوى بعد سطح الماسورة من الحد الفاصل بين الطبقتين أو بعد سطح المياه بالمصرف المكشوف $+\frac{1}{2}$ بعد مستوى المياه الأرضية عند منتصف المسافة بين الخفليات عن سطح المياه

$$\left(\frac{H_0}{2} \right)$$

٠٢ : الصرف يقع ل الطبقة العليا والنسبة $\frac{K_2}{K_1} < 20$

$$W_r = W_0 K_1 + \frac{1}{\pi} \ln \frac{d_1}{4 R_0} \quad [101]$$

حيث يمكن حساب $(K_0 W_1)$ من شكل ١٤١ وحيث (d_1) يمكن حسابها كما ذكر بعاليه .



شكل ١٤١ : حساب $(W_0 K_1)$ لتطبيق معادلة أرنت .

٣ - لا يعرف يقع على الحد الفاصل بين الطبقتين :

$$W_r = \frac{1}{\pi K_2} \ln \left(\frac{4d_1}{\pi m} \right) \quad [102]$$

حيث :

d_2 : نصف البعد بين مستوى المياه الأرضية عند منتصف المسافة بين الحفلات والحد الفاصل بين نوعي التربة و

m : عرض الخندق الذي حفر من أجل وضع مواسير الصرف داخله .

٤ - لا يعرف يقع في الطبقة السفلى :

$$W_r = \frac{1}{\pi K_2} \ln \left(\frac{d_2}{U} \right) \quad [103]$$

حيث تحسب (d_2) كما هو مذكور بعاليه .

٥- في حالة التربة المتجانسة : نأخذ (d_1) مساوية لصف البعد بين مستوى المياه الأرضية عند منتصف المسافة بين الحفريات وعمود الحفريات كما نأخذ $d = d_0$ وتطبق المعادلة في الحالة ٤ .

حل المثال السابق بتطبيق معادلة أرنست إذا كان عرض الحفنة الذي حفر لوضع مواسير الصرف داخله (m) يساوى ٠.٣ متر :

$$H_0 = \frac{Q d_1}{K_1} + \frac{Q S^2}{(8 K_1 d_1 + K_2 d_2)} + Q S w_r$$

$$d_1 = (1/2) (0.3 - r_0) = (1/2) (0.3 - 0.1) = 0.1$$

$$\frac{Q d_1}{K_1} = \frac{0.001 \times 0.1}{0.8} = 0.000125$$

والذي يمكن إهماله لصغره كما سبق ذكره في حالة تجانس طبقة التربة .

$$U = 0.8 + 2 \times 0.2 = 0.70$$

$$w_r = \frac{1}{\pi \times 0.8} \cdot \ln \left(\frac{5}{0.7} \right) = 0.78$$

$$H_0 = \frac{Q S^2}{8 K d} + Q S w_r$$

$$0.3 = \frac{0.001 \times S^2}{8 \times 0.8 \times 5} + 0.001 S \times 0.78$$

ومنها $S = 87.5$ متر .

ويمكن استعمال معادلة أرنست ومواسير الصرف على أى منسوب بالنسبة لطبقتي التربة، بينما يمكن استعمال معادلة هورخ أرت فقط عندما تكون مواسير الصرف عند الحد الفاصل بين الطبقتين ، علاوة على أن معادلة أرنست أفضل

لا اعتبار وجود تدفق رأسى فى الطبقة العليا المستقرة خصوصا عندما تكون
 $K_1 > K_2$ ، بينما افترض موخ أوت عدم وجود أى تدفق رأسى.

٥- معادلة كركهام (Kirkham) :

١- التربة المتجانسة :

$$Q = \frac{2\pi K e g d}{\mu \ln \left(\coth \frac{\pi r}{4h} \tan \frac{\pi d}{2h} \right)} \quad [104]$$

حيث :

K : معامل التوصيل الهيدروليكي ،

e : كثافة المياه الأرضية ،

g : صلة الجاذبية الأرضية ،

d : عمق المصرف المنخفض ،

r : نصف قطر المصرف المنخفض ،

h : عمق الطبقة الصماء تحت سطح الأرض ،

μ : معامل لزوجة الماء الأرضى و

Q : تصرف المصرف للتر الطولى من تحت ظروف الزى أو العطر المستمرة.

٢- كما استنبط كركهام المعادلة الآتية لتسوية ذات طبقتين مختلفتين أو

تربة متجانسة :

$$F(x) = \frac{1}{\pi} \left\{ \ln \left(\frac{\sin \frac{\pi x}{S}}{\frac{\pi r}{S}} \right) + \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m} \left(\cos \frac{2m\pi r}{S} \right. \right. \\ \left. \left. - \cos \frac{2m\pi d}{S} \right) \left(\coth \frac{2\pi m d}{S} - 1 \right) \right\} \quad \dots [105]$$

بعد أن افترض أن التربة التي تملأ الحفريات تسير فيها المياه رأسية بلا أى فقد بسبب الاحتكاك ، وأن تدفق المياه منتظم من مياه الرى أو للطر ويقابله تدفق منتظم آخر مساال يخرج من مواسير الصرف مما يجعل مستوى المياه الأرضية متسا :

ومن المعاداة ١٠٥ استنتج كركهام المعاداة :

$$H_0 = \frac{QS}{K_1} \left(\frac{1}{1 - \frac{Q}{K_1}} \right) \cdot F \left(\frac{d}{2r} + \frac{S}{d} \right) \quad [106]$$

أو

$$\frac{H_0}{d} \left(\frac{K}{Q} - 1 \right) = \frac{S}{d} \cdot F(x) \quad [107]$$

تربة مكونة من طبقتين معامل توصيلها الهيدروليكي (K_1) ، (K_2) حل التوالى، حيث مواسير الصرف فى الحد الفاصل بينها . وقد أمكن حل المعاداة عن طريق المتحنيات بشكل ١٤٢ ، وبذلك يمكن حساب المسافة بين المصرفين (S) فى حالة مجالس التربة .

حيث :

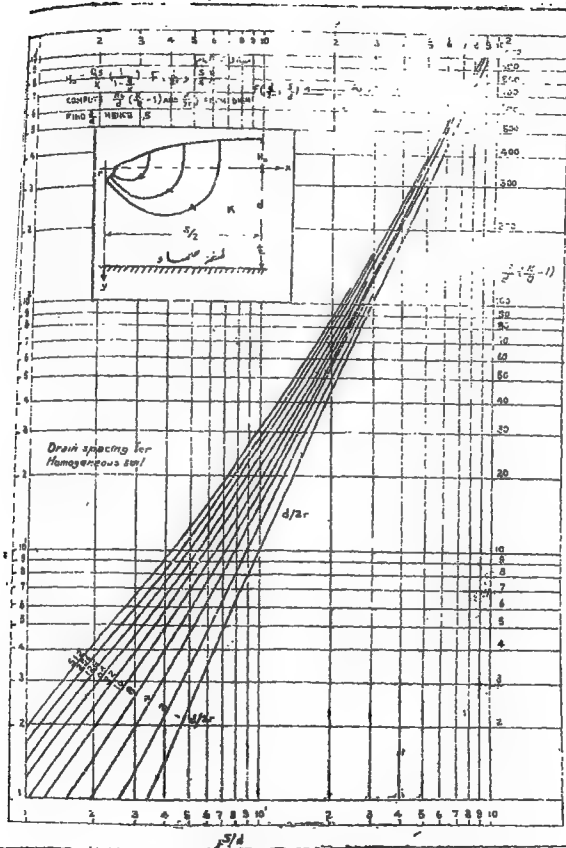
H_0 : ارتفاع الماء الأرضى فوق محورى المصرفين عند منتصف المسافة بينهما

d : البعد بين الطبقة الصماء ومحورى المصرفين ،

Q : تصرف المصرف ،

F : نصف قطر المصرف و

S : المسافة بين المصرفين .



شكل ١٤٢ : نموذج لإيجاد المسافة بين المصرفين من دالة كيركهام .

حل المثال السابق بتطبيق معادلة كركهام :

$$\frac{H_s}{d} \left(\frac{K}{Q} - 1 \right) = \frac{0.3}{5} \left(\frac{0.8}{0.001} - 1 \right) = 47.9$$

$$\frac{d}{2r} = \frac{5}{0.2} = 2.5$$

من المخنيات بشكل ١٤٢ :

$$\frac{9}{d} = 16$$

$$\therefore S = 80 \text{ ms.}$$

و — معادلات هـ :

١ — حالة التدفق المنتظم :

على اعتبار أن خطوط التدفق رأسية إلى أن تقترب من المصارف حيث تنحني إليها لتدخلها دغولا نصف قطري :

$$Q = \left[\ln \frac{1}{2} \left\{ 1 + \cosh \frac{2\pi h K}{s} \right\} \right] \quad [105]$$

حيث :

d : بعد المصارف فوق الطبقة الصماء ،

L : عمق المصارف من سطح الأرض و

h : متوسط البعد بين سطح المياه الأرضية قبل المصرف وبعده أى

المطلوب خفضه .

وعلى أساس هيدرو ديناميكي أمكن لحاد استنباط المعادلات الآتية :

(i) حالة $\frac{D}{S}$ صغيرة أي $(\frac{D}{S} < \frac{1}{4})$:

$$Q = \frac{2\pi K H}{\ln \left(\frac{H}{r} + \frac{S^2}{2\pi^2 D r} \right)} \quad [106]$$

حيث :

Q : مصرف المصرف للوحدة الطولية منه ،

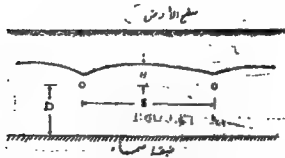
K : معامل التوصيل الهيدروليكي ،

$2r$: قطر مواسير الصرف ،

S : المسافة بين المصارف ،

H : ارتفاع المياه الأرضية عن محوري المصرفين عند منتصف المسافة بينهما و

D : عمق الطبقة الصماء تحسب منسوب محوري المصرفين .



شكل ١١٢ : تحديد المسافة بين المصارف حسب معادلات حماد .

(ii) حالة $(\frac{D}{S})$ كبيرة أي $(\frac{D}{S} > \frac{1}{4})$:

$$Q = \frac{2\pi K H}{\ln \left(\frac{H}{r} + \frac{S}{\pi r} \right)} \quad [107]$$

والحروف تحمل نفس الدلالات السابقة .

٢٠ حالة التدفق الغير منتظم أو الغير ثابت (Unsteady flow) :

$$S = \frac{2\pi K t}{f \cdot \ln \left(\frac{H_0}{H} \right) \ln \left(\frac{S^2}{2r^2 \pi^2 D} \right)} \quad [108]$$

حيث :

t : الزمن اللازم لخفض مستوى الماء الأرضي بعيداً عن منطقة جذور النبات ويؤخذ عادة الزمن بين ريتين متتاليتين ،

f : المسامية المصفية (Drainable Porosity) (حوالي ٠.٥) و

H₀ : ارتفاع الماء الأرضي عند زمن t = صفر فوق محور المصفين عند المسافة متصفها .

وتحمل باقي الحروف على نفس الدلالات عالية .

٢١ - تأثير عامل البخر :

وأدخل د. حماد تأثير البخر كالآتي :

i. في حالة $(D > \frac{S}{4})$ أي حالة التربة العميقة :

$$S = \frac{2\pi K t}{\ln \left(\frac{S}{\pi r} \right) \left\{ f \ln \left(\frac{H_0}{H} \right) - q_0 O t \right\}} \quad [109]$$

حيث :

q₀ : معدل البخر من سطح مائي مكشوف و

O : ثابت يعتمد على صفات التربة والعوامل الجوية . ويمكن تحديده

بالتجربة ويساوى تقريبا ($\frac{1}{H_0}$) وهو العامل (C) في المعادلة :

$$q_0 = q_0 (1 - C y) \quad \dots [110]$$

حيث :

q_0 : معدل البخر من سطح الماء الأرضى و

y : عمق الماء الأرضى تحت سطح الأرض.

ii - في حالة التربة غير العذبة أى $D < \frac{S}{4}$:

$$S = \frac{2\pi K t}{\ln \left(\frac{S^2}{2\pi^2 r D} \right) \left\{ t \ln \frac{H_0}{H} - q_0 C t \right\}} \quad [111]$$

وقد يؤدى أخذ تأثير البخر فى الاعتبار إلى زيادة المسافة بين المصارف بمقدار

قد يصل ٥٠ ٪ .

٣ - معادلة شاهين :

افترض شاهين أن الطبقة الصماء والتي تبعد مسافة (d) عن سطح الأرض

لا توجد عن متر واحد تحت المصارف وأن خطوط التدفق تنتهى عند وصولها لهذه

المسافة الصميرة (d) ومن ذلك استنتج المعادلة :

$$\frac{2\pi K H_0}{q S} = \ln \left\{ \frac{\cosh \frac{2\pi}{S} (d + r + H_0) + 1}{\cosh \frac{2\pi}{S} (d + r) - 1} \right\} \quad [112]$$

حيث :

q : كمية مياه الصرف للوحدة المربعة فى وحدة الزمن و

d : بعد الطبقة المياه من محور المصارف .

حل المثال السابق بمعادلة شامبرن :

$$\frac{2 \times 3.14 \times 0.8 \times 0.3}{0.001 \times S} = \ln \left[\frac{\cosh \frac{2 \times 3.14}{S} (1.0 + 0.1 + 0.3) + 1}{\cosh \frac{2 \times 3.14}{S} (1.0 + 0.1) - 1} \right]$$

$$\frac{1510}{S} = 2.3 \log \left\{ \frac{\cosh \frac{8.45}{S} + 1}{\cosh \frac{6.6}{S} - 1} \right\}$$

$$S = 70 \text{ ms.}$$

فاذا حاولنا :

$$0.930 =$$

$$0.870 =$$

$$S = 75 \text{ ms.}$$

ومع محاولة أخرى يمكن إيجاد

ح - معادلة سعد الحنفي :

اختار سعد الحنفي نموذجين رياضيين يمكن حلها هيدروديناميكيا الأول توجه فيه المياه نحو المصارف أفقيا حيث تتركز المصارف فوق طبقة مياه، والثاني تتواجد فيه حركة المياه تحت المصارف بأقصى عمق كما هو الحال في الأراضي الرملية حيث معامل التوصيل الهيدروليكي حال جدا فوجد أن :

$$S = \sqrt{8.66} \sqrt{\frac{K}{q}} H_0$$

حيث q : معدل تصريف وحدة المساحة .

وبحل المثال السابق بمعادلة الخنف :

$$S = 2.58 \sqrt{\frac{0.8}{0.001}} \times 0.3$$

$$= 22.0 \text{ ms.}$$

ط = معادلة ديس ١٩٦٥ :

١ - الاكالات النسبية $(\frac{d}{S})$ صغيرة تقرب من الصفر فإن :

$$S = \frac{(K t / f) - (H_0 - H_t)}{F (\frac{S}{2}) \ln (\frac{H_0}{H_t})} \quad [118]$$

حيث :

S : المسافة بين المصرفين بالمتر ،

K : معامل التوصيل الهيدروليكي ،

f : المسامية المصرفية (Drainable porosity) ،

H_0 : عمق الماء الأرضي في منتصف المسافة بين المصارف بعد انتهاء الري

مباشرة ويسمى العمق الابتدائي أو أعلى عمق ،

H : عمق الماء في منتصف المسافة بين المصرفين عند زمن (t) ،

t : الوقت اللازم ليهبوط الماء الأرضي المسافة $(H_0 - H)$ بالأيام و

r : نصف قطر المصرف مضافاً إليه سمك القتر .

والمقدار $(H_0 - H_t)$ بالمادة ١١٣ كثيراً ما يمكن إهماله .

١٢. إذا كانت النسبة $(\frac{d}{S})$ كبيرة الى تقرب من مالا نهاية
أى الطبقة الصماء بعيدة جدا :

$$S = \frac{\pi K t}{f \ln \left(\frac{S}{\pi r_0} \right) \ln \left(\frac{H_0}{H_t} \right)} \quad [114]$$

والشكل ١٤٤ بين كيفية الحصول على البالة $F \left(\frac{S}{2} \right)$.

٣. أوجد المسافة بين الحقلية بمعرفة البيانات الآتية :

عمق الحقلية = ١,٢٥ متر

$$k = ٠,٧٢٥ \text{ متر / يوم}$$

متوسط أعلى ارتفاع للبناء عن سطح الأرض بعد الزل مباشرة هو ٠,٢٥

$$\text{متر أى أن } H_0 = ٠,٢٥ - ١,٢٥ = ١,٠٥ \text{ متر}$$

مقدار مربوط سطح الماء هو ٠,٨٠ متر من سطح الأرض لتوفير العمق الكافى

لمعلقة الجذور فى زمن قدره خمسة أيام ($t = ٥ \text{ يوم}$)

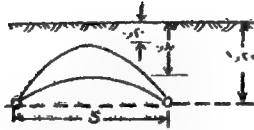
$$\text{أى أن } H = ٠,٨٠ - ١,٢٥ = ٠,٤٥ \text{ متر}$$

$$f = ٠,٠٦ \text{ المسامية المصرفية}$$

$$\text{نصف قطر المصرف } r = ٧ \text{ سم} + ٣٢ \text{ سم} = ١٠ \text{ سم}$$

ويمكن اعتبار عمق الطبقة النيرة منفذة بعيد كما هو واضح من واقع التحليل

الميكانيكى للاحماق ٤ متر .



شكل ١٤٥ : تطبيق للمادة هـ

الحاوية الأولى :

نختار $S = ٤٠$ متر وبالتعويض في المادة ١١٤ :

$$\frac{\pi \times ٠,٧٢٥ \times ٥}{٠,٠٦ \times \ln\left(\frac{١,٠٥}{٠,٤٥}\right) \ln\left(\frac{٤٠}{٢,١٤ \times ٠,١٠}\right)} = \text{الطرف الايمن}$$

$$= \frac{١٩٠}{٠,٠٨٥ \times ٤,٨٥} = \frac{١٩٠}{\ln(٢,٢٥) \ln(١٢٨)} = ٤٦ \text{ متر} \ll ٤٠ \text{ متر}$$

نختار $S = ٤٥$ متر وبالتعويض نجد أن :

$$\frac{٢,١٤ \times ٠,٧٢٥ \times ٥}{٠,٠٦ \times \ln\left(\frac{١,٠٥}{٠,٤٥}\right) \ln\left(\frac{٤٥}{٢,١٤ \times ٠,١٠}\right)} = \text{الطرف الايمن}$$

$$= \frac{١٩٠}{٠,٠٨٥ \times ٤,٩} = ٤٥ \text{ متر} = \text{الطرف الايسر}$$

٥ - معادلة لوفز (Luthin, 1969) :

وهي مبنية على أساس انتظام التدفق وعلى أساس أن معدل التدفق في المصرف

يتناسب عكسياً مع بعد مستوى المياه الأرضية - عند منتصف المسافة بين الحقلية -
عن خط المراسير وعلى أساس أن: المياه الأرضية على هيئة قلع ناقص معادلته:

$$S = \frac{4 O K t}{f \ln \left(\frac{H_0}{H_t} \right)} \quad [115]$$

حيث:

S : المسافة بين الحقلية ،

O : معامل ينزل ميل المستقيم الذي ينشأ من توقيع معدل التدفق لوحدة
الطول من خط مواسير الصرف مقابل (KH_t) ،

H_0 : الضاغط عند منتصف المسافة بين الحقلية في بداية الزمن ،

t : زمن حركة المياه الأرضية من (H_0) إلى (H_t) و

H : الضاغط بعد زمن (t) .

8 — معادلة دم (Dumm) (عام ١٩٥٤) :

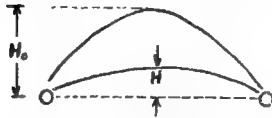
واعتمد فيها على فرض ديوي وعلى معادلة مريان الحرارة وعلى افتراض
أن الشكل المبدئي للمياه الأرضية هو قلع مكافئ من الدرجة الرابعة والمعادلة هي:

$$S = \left[\frac{10 K D t}{f \ln \left(\frac{1.16 H_0}{H_t} \right)} \right]^{1/2} \quad [116]$$

حيث:

D : متوسط عمق الطبقة المنصبة .

وباق الحروف تدل على نفس الدلالات السابق ذكرها كما هو بالفعل ١٤١



شكل ١٤٦: تحديد المسافة بين مصرفين من معادلة دم .

وقد ذكر بيرد (Beers) عام ١٩٦٥ أنه من الأفضل عند $(D < \frac{B}{4})$ أن تؤخذ:

$$D = d + \frac{H_0 + H_1}{4} \quad [117]$$

وتعطى معادلة دم نتائج مرضية طالما كانت :

$$\frac{H_t}{H_0} < 0.8$$

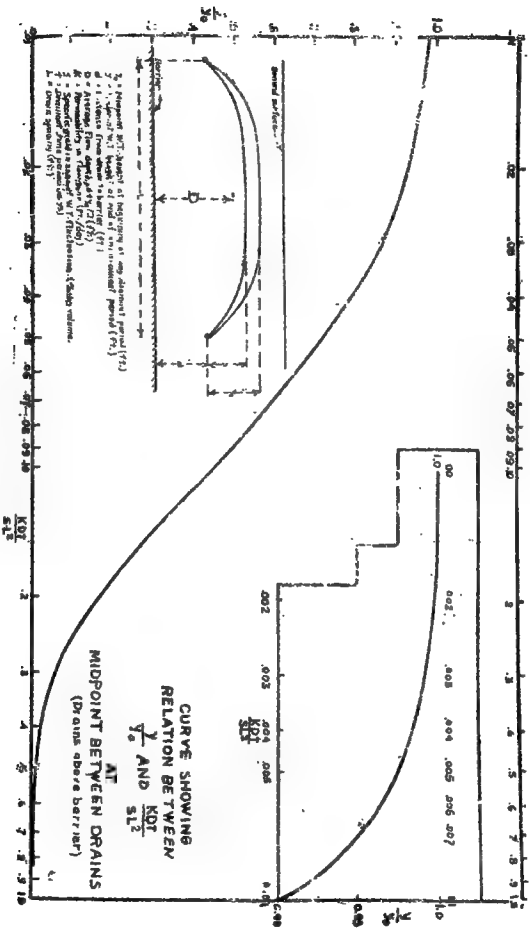
ل - طريقة مكتب الامريكي (B.R.) :

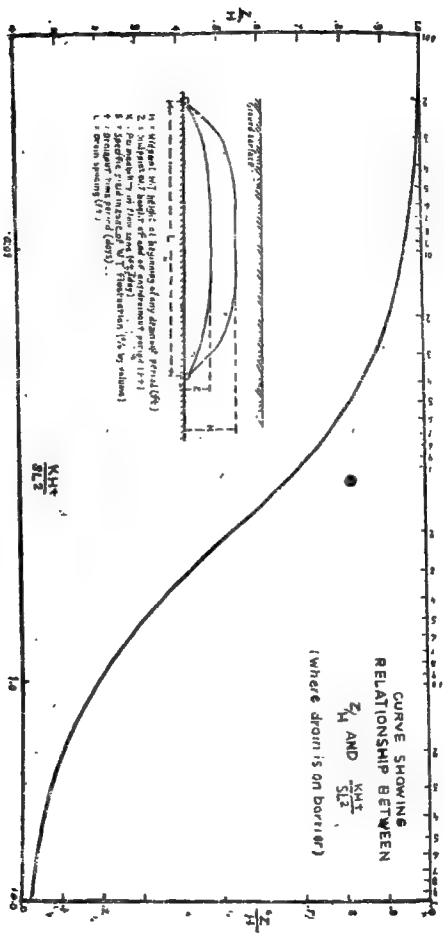
وهي مبنية على إجماع تعادل ديناميكي (Dynamic Equilibrium) بمعنى أن يكون مقدار سحب المياه (Discharge) وشحنها (Recharge) متساو من عام لآخر وبالتالي لا تتغير ذبذبات سطح المياه الأرضية من عام لآخر.

وتعتمد الطريقة على استعمال أحد التحنيين بشكل ١٤٧ وبشكل ١٤٨ وفي حالي إثناء المصارف المنطاة فوق وعلى سطح الطبقة الصماء .

والتحنيين يعطيان علاقة ما بين $(\frac{y}{y_0})$ ضد $(\frac{K D t}{S L^2})$ و $(\frac{x}{E})$ ضد

$(\frac{K H t}{S L^2})$ على أساس نظرية التدفق الوقتي (Transient flow theory)


$$-\left(\frac{KH^b}{a^b D^b}\right) \left(\frac{Y}{Z_1}\right) \approx 33.31 : 14.4 \text{ J/g}$$



معدل الملاءمة: 14.8
 $\left(\frac{KH}{SL^2}\right) 6 \left(\frac{Z}{H}\right)$

والمنحنيات تمثل حلولاً عند منتصف المسافة بين المصارف حيث :

H, y_0 : تمثلان ارتفاع سطح الماء الأرضى فوق المصرف عند بداية عملية الصرف ، أى أقصى ارتفاع لسطح الماء الأرضى مباشرة وبعد تسرب مياه الري أو المطر ، وتعتمد قيمتها على عمق منطقة جذور النبات وعلى المناخ ،

x, y : تمثلان ارتفاع سطح الماء الأرضى فوق المصرف عند نهاية فترة الصرف ، منتصف المسافة بين المصارف ، بعد زوال منسوب الماء الأرضى خلال فترات معينة حسب صفات التربة والمسافة بين المصارف ،

k : المتوسط الوزنى لمعامل التوصيل الهيدرولى (weighted average) لمنطقة سريان المياه ما بين النقطة عند منتصف المصارف وطبقة بطيئة النفاذية يمكن اعتبارها كطبقة صماء (Barrier) ،

S : السعة أو الإنتاج النوعى (Specific yield) ، وهى كمية المياه الممكن صرفها من تربة مشبعة بالمياه تحت تأثير قوى الجاذبة الأرضية ، وهى تعادل بالتقريب المياه ما بين التشبع والسعة الحقلية ، ويمكن تحديدها من المنحنى بشكل • الذى يربط ما بين معامل التوصيل الهيدرولى والسعة النوعية أو الإنتاج النوعى ،
 t : الزمن بين فترات الري أو ما بين فترات عدم الري التى يحدث خلالها انخفاض مستوى الماء الأرضى ،

D : العمق المتوسط للتدفق (Average flow depth) اللزوم لتقل المياه إلى المصرف ، ويساوى المسافة ما بين الطبقة الصماء حتى محور المصرف مضافاً إليه نصف المسافة ما بين محور المصرف حتى سطح الماء الأرضى عند منتصف المسافة بين المصارف لومن عدد أى أن :

$$D' = \frac{y_0''}{2} + d' \quad [118]$$

ولذا : المسافة بين مصرفين متوازيين .

ويستعمل المنحنى الأول (الصرف فوق الطبقة الصماء بمسافة كبيرة)
إذا كانت :

$$\frac{d}{y} \geq 0.80$$

كما يستعمل المنحنى الثانى (الصرف فوق الطبقة الصماء مباشرة) إذا كانت :

$$\frac{d}{y_0} \leq 0.10$$

وقد أثبت البحث أنه إذا كانت الطبقة الصماء على عمق أكبر من $(\frac{L}{4})$ فإن الطبقة الصماء لا تأتى فعال لما على المسافة بين المصارف، لذلك فأى قيم لـ (d) أكبر من $(\frac{L}{4})$ يجب عدم استعمالها .

ولما كانت المسافة التى تدفق فيها المياه تقل كلما قربنا من المصرف بما يدهو إلى نقد فى الضاغط (Head) ، لذا يجب عمل تصحيح يساوى $(D \ln \frac{D}{4H})$ بطرح من قيمة (L) التى حصل عليها من المنحنى بشكل ١٤٧ فقط (دون الحالة الثانية) حيث (H) تساوى نصف الارتفاع الخارجى للصرف، مضافا إليها سمك المرسج الرطلى أو نصف عرض القناع فى حالة المصارف المكشوفة .

نعم : إذا كانت d تساوى ٢٢ قدم، عمق المصرف من سطح الأرض يساوى ٨ قدم، بينما عمق منطقة جذور النبات هو ٤ قدم بما يعطى أكبر ارتفاع مسدود به فوق الصرف ٤ قدم ، والمتوسط الرزنى لمعدل التوصيل الهيدروليكي للطبقات

بين الطبقة الصماء ، وأعلى ارتفاع للياه الأرضية يساوى ٥ بوصة / ساعة أى
١٠ قدم / يوم ، والتعرب العميق من كل رية يساوى بوصة واحدة أى
٠,٠٨٢ قدم .

طريق الحل

من المنحنى بشكل ٥ العلاقة بين (S) ، (K) نجد أن السعة الكروية
١٨٪ =

ارتفاع منسوب الماء الأرضى نتيجة كل جزء من شحن المياه هو التعرب

العميق مقبوما على السعة التوعية أى $\frac{0.082}{0.018} = 4.56$ قدم .

وبمعرفة الفترة بين الريات وفرض المسافة بين المصارف يساوى (L) بحسب المقدار

$\left(\frac{K D t}{S L} \right)$ لكل زمن بين الريات ، ومن المنحنى بشكل ١٤٧ يمكن تحديد

المقدار $\left(\frac{y}{y_0} \right)$ والذي منه يمكن معرفة (y) لكل رية ومن هذه القيم نحدد أعلى

قيمة ناتجة من فرض المسافة بين المصارف ، فإن كانت عالية قد ينتج منها ضرر

فإننا نعيد الحسابات بعد فرض قيمة أقل للمسافة (L) ، ولا ينسى عمل التصحيح

اللازم بسبب التقدير فى الضاغط ، ونحدد المسافة بين المصارف بعد مارج قيمة

التصحيح من (L) .

وبحسب عند تصميم وتحديد المسافة بين المصارف تطبق أكثر من قاعدة

وطريقة يتم استخدام وتنفيذ ما هو أكثر ملاءمة للظروف المحلية وظل المقارنات

الفعالية بين القيم المستبعدة من المادلات أو الجداول أو المنحنيات ، وبين مقدار

الانخفاض الفعلى لسطح المياه الأرضية .

وبصفة عامة فإن المصارف توضع على مسافات أوسع في أنواع التربة خشفة القوام عنها في التربة الناعمة القوام . ويحسن البدء بوضع مواسير الصرف على أعماق من ١,٨٠ - ٢,٥٠ متر ، وعلى مسافات كبيرة من ١٠٠ - ٢٠٠ متر في الأراضي الرملية إلى ٣٠ - ١٠٠ متر في الأراضي الطينية، كمحاولات في البداية قد يضطر إلى استكمالها مستقبلات إن روى ذلك عند الضرورة .

أقطار مواسير المصارف وأطوالها

تولاء - مقدمة : يقصد بحجم أو قطر مواسير الصرف القطر الداخلي لهذه المواسير، وحجم المصارف يعتمد على تصرف المصرف، وعلى المقاومة الداخلية التي تلقاها المياه من الحوائط الداخلية لمواسير الصرف، كما يعتمد بالتالي على طبوغرافية المنطقة، وعلى نوع سطح التربة ، ونوع الطبقات أسفل سطح الأرض ، فإذا كان سطح الأرض نفاذاً ، وكانت الطبقات أسفل هذا السطح عالية المسامية أسرع المياه الزائدة بالدخول إلى المصارف والمعتاد أن تستعمل مواسير أكبر قطراً بما لو كان سطح الأرض والطبقات أسفلها بطيء المسامية، كما أنه يُسمح فقط باستعمال قطر ٤ بوصة في بداية الحفريات ، حيث لا يتوقع أى توسع في المستقبل، ويثبت وجود مرسح زلطى حول المواسير، وإلا تستعمل أقطار ٦ بوصة على الأقل، وذلك حتى لا تنسد المواسير نتيجة أى مواد مترسبة داخلها ، أو نتيجة لزوال الطحالب بها . وإذا اقتضى الأمر صرف المياه السطحية، فلا بد من استعمال أقطار كبيرة وأنصى قطر يستعمل للمصارف المنطائعه ٢٤" وإلا يستعمل مجعنين وكيسين أو مصرف مكشوف

والعلوم أن زيادة حجم المصرف لا يؤدي إلى زيادة كبيرة لتصرف، فلوزاد

صنجم مصرف ما ٢٠٠٪ / أي من ٤ بوصة إلى ١٢ بوصة مثلا وكان هذا المصرف معلوما تماما، فإن التصرف يزيد بنسبة ٢٣٪ / فقط، كما تدل مشاهدات الحقل على زيادة التصرف - في حالة استعمال المرشحات حول المصارف - كلما زاد سطح هذه المرشحات .

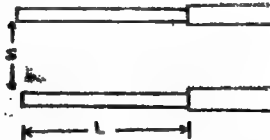
وحركة المياه إلى المصارف وبالتالي تصرف الأخيرة يتأثر بعوامل عدة، منها معامل التوصيل الهيدروليكي، وعمق المصارف، والمسافة بين وصلات الحفليات أو الانخراط بها، كذلك يتأثر التصرف بتوزيع خطوط الجهد عند حدود مسارات المياه (Distribution of potential at flow boundaries) ومقادير الضغط الأتومي والضغط العائد أو الراجع (Back Pressure) بالمصرف، علاوة على حالة المصارف، والمسافات بينها وأقطارها .

ويراهى عند التصميم أخذ معامل أمان يفضل أن يكون مساويا لـ ١.٥ .

لأنها - تحديد مساحة قطاع الحفليات (a) :

يمكن تحديد القطاع من المعادلة :

$$D \times A = D \times L \times S = Q \quad [119]$$



شكل ١٤٩ - كروكي يبين المسافة بين المصارف وأطوالها .

حيث :

Q : تصرف المصرف ،

S : المسافات بين مصرفين متجاورين ،

A : الزمام $L \times S = A$ ،

D : معامل الصرف المغطى ويرمز له أحيانا (م) و

L : طول المصرف المطلوب إيجاد تصرفه .

$$a = \frac{\pi (2r)^2}{4} = \frac{Q}{v} \quad [120]$$

حيث :

a : مساحة قطاع المصرف ،

r : نصف القطر الداخلي للمسودة المصرف و . .

v : السرعة المتوسطة في قطاع المصرف ولا يجب أن تقل عن ٠,٥ م / ثانية.

النتيجة - حساب معامل الصرف وتصرف المصرف :

المحرف أن معامل الصرف (D) يتأثر بالمسافات بين المصارف ، إذ أنه كلما تقلبت هذه المسافات كلما قلّت على تسرب الماء أسفل خط المراسير ، كذلك يتأثر معامل الصرف بعمق مستوى المياه الأرضية ، وعمقه بالنسبة لخطوط الصرف ، فإذا انخفض مستوى الماء الأرضي عن مستوى مواسير الصرف ، فإن جزءا من المياه تصل إلى المصارف ، وجزءا يمتص في حركته إلى أسفل كما يحدث في التسم الأوسط من دلتا النيل وفي حالة ارتفاع مستوى الماء الأرضي فإن مقبض الصرف يزداد بسبب ارتفاع جزء من المياه الأرضية في مواسير الصرف ، ويزيد مقبض الصرف بصفة دائمة أو مؤقتة إذا جاورت المنطقة بعض المصارف المائية عالية المنسوب كالأنهار في

حالة الفيضان، أو الرياحات كبيرة الحجم، أو الأعمال الصناعية التي تسبب ارتفاع منسوب المياه أمامها مسببة تسرب المياه إلى طبقة الماء الأرضي، ويكتفى عادة بزيادة معامل الصرف نتيجة هذه الأسباب بإضافة من ٥ - ١٠ ٪ من مقنن الري .

١- طريقة وزارة الري المصرية :

أعدت وزارة الري المصرية بعض الأبحاث لتحديد معامل الصرف المغطى (D) أو (ميس) ، ووجد أنه يساوى نسبة معينة (ك) من مقنن الري (ميس) ، باعتبار أن الأخيرة هي المصدر الوحيد للصرف، وبالتالي فإن هذه النسبة تتوقف على معدل استهلاك النبات للمياه الري، وعلى خواص التربة، وطريقة ونظام الري، وعلى مستوى المياه الأرضية، وتتفاوت هذه النسبة بين ٢٥ ٪ - ٤٥ ٪ من مقنن الري . وفي المناطق التي يرتفع فيها المستوى البيرومترى للمياه الأرضية عن مستوى مياه الصرف أى حيث منسوب المياه الأرضية تحت ضاغط هيدروليكي إلى مواسير الصرف - يمكن إضافة حد آخر المعادلة فتصبح :

$$م = ميس \cdot ك + لم \cdot ص \cdot ص \cdot ح \quad \dots [٢١]$$

حيث :

ميس : معامل الصرف المغطى ،

م : مقنن الري ،

ك : ثابت أو نسبة معينة ،

لم : معامل أو نسبة ثابتة ،

ح : الضاغط الهيدروليكي ،

ملاحظات	مقن الصرف م ^٢ آف/ يوم		مقن الري أثناء الدور م ^٢ آف/ يوم	نوع الزراعة	١١ وتبع
	بالنسبة للمساحة الكلية	بالنسبة للدور			
مناطق متناثرة بقناطر الدلتا	٥ ٧	$\left. \begin{matrix} 14 \\ 20 \end{matrix} \right\}$	٥٥	قطن	{ القسم الجنوبي المحصور بين قناطر الدلتا وكنتور ٨ متر..... القسم الأوسط من الدلتا المحصور بين كنتور ٨ متر..... وكنتور ٣ متر..... القسم الشمالي المحصور بين كنتور ٣ متر والبحر.....
مناطق متناثرة بقناطر دق	١٠ ١٥	$\left. \begin{matrix} 22 \\ 28 \\ 30 \end{matrix} \right\}$	٥٥ ٥ ٩٠	قطن أرز	
{ مناطق مجاورة لبرج النيل، وبساتين بقناطر إدفينا وسد فارسيكور	٢ ٢٧	$\left. \begin{matrix} 43 \\ 52 \end{matrix} \right\}$	٧٠ ٧٠	أرز	
{ بجانب م ^٢ لفيق الدور في المناطق المتناثرة بالمجازر الاراضي	٥ ٨ ١٠	$\left. \begin{matrix} 10 \\ 24 \\ 30 \end{matrix} \right\}$	٢٥ ٣٦ ٤٥	ل	روضة الإبراهيمية..... روضي نجم حادي، الترقية والثرية..... روضي مصطفى، الكلاية والمناطق المحيطة

جدول ٢٤ : مقنات الري والصرف بمناطق مختلفة في ج.ع.م.

ص : سبك طبقات التربة التي تمر فيها المياه الأرضية الصاعدة و

ص : سرعة نفاذ المياه الأرضية الصاعدة ،

والجدول ٢٤ يبين مقننات الري والصرف لمناطق مختلفة في ج.ع.م .

ب استبعاد تصريف الصرف من الرشع العميق (مكتب الاستصلاح الأمريكى (B.R.)

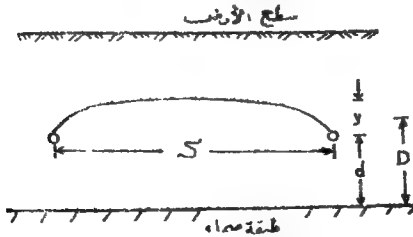
١ - الصرف بعيد فوق الطبقة الصماء :

$$q_p = 0.0000727 \frac{y K D}{S} \quad [122]$$

q_p : مكعب المياه ، بالتقدم المكعب / ثانية من الرشع العمق (Deep percolation) لكل قدم طول من الصرف ،

y : أقصى ارتفاع مسموح به لحسوب الماء الأرضى فوق الراس العلوى للصارف بالتقدم ،

k : معامل التوصيل الهيدروليكي الوزنى المتوسط للطبقات ما بين منسوب الماء الأرضى والطبقة الصماء (قدم/يوم) ،



شكل ١٥٠ : حساب الرشع العميق لمصارف بعيدة عن الطبقة الصماء .

D : المسافة بين عاود المصارف وبين الطبقة الصماء مضاعفا إليها $(\frac{7}{2})$

بالقدم و

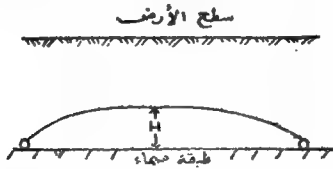
S : المسافة بين المصارف بالقدم .

٢- الصرف فوق الطبقة الصماء مباشرة :

$$q_p = 0.0000463 \frac{KH^2}{S} \quad [123]$$

حيث :

H : أقصى ارتفاع لمنسوب الماء الأرضي فوق الراسم العلوى للمصارف بالقدم.



شكل ١٥١ : حساب الرشح العميق لمصارف فوق الطبقة الصماء مباشرة .

٥- تحديد تصرف الصرف من وضع مناطق مرتفعة مجاورة :

$$Q = K i A \quad [124]$$

حيث :

Q : التصرف لكل وحدة طولية في اتجاه عمودى على حركة المياه الأرضية،

أى في اتجاه كتورتات المياه الأرضية بالقدم المكعب / قدم طول ،

K : معامل التوصيل الهيدروليكي قدم / ثانية ،

i : ميل سطح المياه الأرضية (قدم/قدم) و

A : مساحة قطاع الطبقات الحاملة للمياه لكل وحدة طولية من المصرف .

مثال :

إذا كانت $K = ٥$ بوصة / ساعة ،

$i = ٠.٠٠٤$ قدم / قدم و

$A = ٨$ قدم مربع/قدم .

$$Q = ٨ \times \frac{٤}{١.٠٠٠} \times \frac{٠.٠٠٤}{٦٠ \times ٦٠ \times ٢} = ٠.٠٠٠٠٠٢٧$$

فإن : $Q = ٠.٠٠٠٠٠٢٧$ قدم^٣/ثانية لكل قدم طول في اتجاه عمودي

على حركة المياه الأرضية .

فإذا فرض أن طول المزرعة في الاتجاه العمودي على اتجاه حركة المياه الأرضية

٦٠٠ قدم فإن مكعب مياه الرش المنجدة إلى المزرعة

$$= ٠.٠٠٠٠٠٢٧ \times ٢٦٦ = ٠.٠١٣ \text{ قدم مكعب/ثانية}$$

ولكن لا يمكن للمصرف أن يستوعب جميع هذه المياه المتحركة خلال

الطبقات المشبعة بالمياه فوق الطبقة الصماء، وعليه فقط استيعاب جزء منها . لذلك

فإنه لا غرض العملية بحسب تعريف المصرف/ثانية (q) كالآتي .

$$q_U = K i A \frac{y}{y + d} \quad [125]$$

حيث :

y : أقصى ارتفاع للسبب المياه الأرضية فوق المصرف بالتقدم و

d : المسافة بين الطبقة الصماء والراسم العلوي للمصرف بالتقدم .

والتصرف المحسوب بهذه الطريقة قد يكون منشؤه عدة مصادر مثل مياه
الرى المنسوبة من الأرض المرتفعة، ومثل الرش من الترع ذات المناسيب العالية،
أو من البحيرات أو الخزانات المجاورة.

وهكذا يحسب تصرف المصرف الكلى كالآتى .

$$q = q_p + q \quad [126]$$

وإذا زادت قيمة (q) كثيرا نتيجة الرش من ترعة مجاورة فإنه يمكن حساب
الرشح من هذه التربة منفصلا كما سبق ذكره بواسطة معادلة موريتز (Moritz) ثم
مقارنتها بأفضل تطمين التربة لتقليل مياه الرش وبالتالي خفض تكاليف إنشاء
المصرف ، أو إنشاء المصرف بجمعه الكبير على أساس استيعاب (q_u) .

والملاحظ أن (q) هى أعلى قيمة لتصرف ، ويحدث هذا فى فترة يومين فقط
بعد الرى بينما ، تقل كيتها فترة باقى المناوبة بين الريات ، وكذلك عندما يكون
منسوب الماء الأرضى فى أحلا وضع له . أما إذا كانت (q) لمصرف مجمع يخدم
مساحة تحتاج عشرة أيام ذلالها ، فإن كل مصرف فرعى سيمتلئ مياهه للجمع
الذى ستكون أكبر ما يمكن : ثناء فترة الرى فقط ، ولذلك فإنه من الممكن خفض
تصرف المجمع بمقدار لا يزيد عن ٢٥ ٪ من كمية المياه المحسوبة بالمعادلات السابقة
وذلك فى حالة المجمع الذى يصب فيه أكثر من ثلاثة فروع .

د - تحديد تصرف المصرف من مياه الرى أو الأمطار التى تسبب ارتفاع
اللاء الأرضى :

يمكن تحديد التصرف من كمية المياه المختزنة فى التربة حتى منسوب الحقلية ،
والواجب التخلص منها قبل حلول دور المناوبة التالى فإذا فرضنا أنسوب

الصرف على عمق ١٥٠ متر من - سطح الأرض وأن مستوى المياه الأرضية وصل إلى ٥٠ متر تحت سطح الأرض، فيصبح المستوى المتوسط للمياه هو ١٠٠ متر تحت سطح الأرض، وبفرض أن السعة النوعية (Specific yield) تساوى ٥٪ فإن كمية المياه المخزنة الواجب التخلص منها يمكن حسابها كالآتي :

$$Q = \frac{2}{3} \times \frac{5}{100} \times (150 - 50) \text{ متر} = ٢٢ \text{ مم}$$

على اعتبار أن مستوى المياه الأرضية بعد يوم واحد من الري تنخفض متعدياً بقرب من القطع المكافئ مساحته $\frac{2}{3}$ مساحة المستطيل الذي يحويه . وبقسمة الناتج على مترية الري أو على عدد الأيام المطلوب التخلص فيها من المياه ، ثم طرح التسح والبخر (١ - ١٥٠ مم/يوم) من الناتج ، كي نحصل على التصريف المطلوب التخلص منه . ويؤاد التصريف بمقدار معامل أمان من ٣٠ إلى ٤٠٪ لفخول بعض حبيبات التربة داخل مواسير الصرف مما يقلل معدل حركة المياه .

وأيضا - تحديد مساحة قطاع المجمع :

المجمع كما سبق الكلام منه عبارة من ماسورة ذات قطر أكبر من الحقل ، وتلقى مياه الصرف من الحقليات لذلك تزداد كمية التصريف المارة بالمجمع بازدياد طوله ، أى أن التصريف المار بالمجمع ليس ثابتا بل يتزايد من البدا إلى المصب مع ازدياد عدد الحقليات التى تصب فيه ، لهذا فإن قطر المجمع يعتمد على العوامل الآتية :

- ١ - معامل الصرف للفدان ،
- ٢ - المساحة التى يخدمها المجمع ،
- ٣ - الامتدادات المتوفرة بالحقل و

٤ - معامل الأمان والذي يسمح بخفض مساحة القطاع نتيجة الإطماء وغير ذلك .

ويحسب قطر المجمع كالآتي :

١ - الطريقة الأولى :

١ - يحدد التصرف المار في الحقل كاسبق حسابه عند تقدير المساحة بين الحقلات أو في ثالثا أعلاه ،

٢ - يحدد عدد الحقلات التي تصب في طول معين من المجمع و

٣ - من معادلة الاستمرار :

$$Q = a \cdot v \quad [127]$$

حيث

a : مساحة مقطع ماسورة المجمع المطلوبة ،

Q : التصرف المار بالمجمع و

v : سرعة تيار المياه بالمجمع ويمكن فرضها ما بين ٠.٤٥ - ٠.٦٠ متر /

ثانية ، أو إيجاد قيمتها بأحد وسيلتين .

١ - معادلة تشيزي (Chazy) :

$$v = C m^{1/2} i^{1/2} \quad [128]$$

حيث

C : ثابت يسمى معامل تشيزي ويعتمد من المادة .

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.00155}{i}}{1 + (23 + \frac{0.00155}{i}) \frac{n}{i^{1/2}}} \quad [129] \dots \text{للوحات المارية}$$

أو المعادلة :

$$C = \frac{41.6 + \frac{1.811}{n} + \frac{0.00281}{i}}{1 + (41.6 + \frac{0.00281}{i}) \frac{n}{i^{1/2}}} \quad [130] \text{ لوحدات التدم}$$

وحيث :

n معامل الخشونة ،

m نصف القطر الهيدروليكي (Hydraulic radius) ويساوى مساحة

التقاطع مقسوما على المحيط المبتل لمانورة المصرف و

i : الانحدار أو الميل الهيدروليكي ويساوى عادة انحدار خط المصرف .

ii - من قانون ماننج :

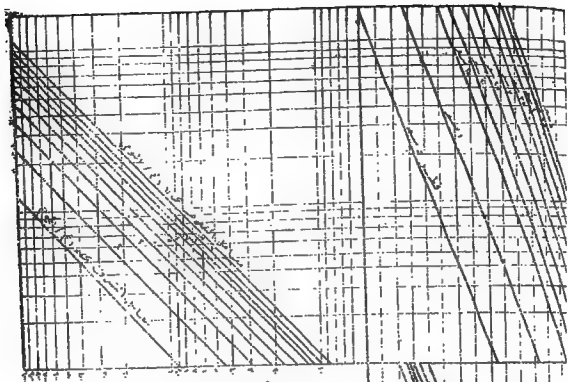
$$v = n m^{2/3} i^{1/2} \quad [131]$$

حيث :

$\frac{1}{n}$: معانين ماننج أو معامل الخشونة وفيما يلي بعض قيمه بالجدول ٢٥ :

Closed conduit	n
Concrete pipe	0.011 — 0.013
Verified clay pipe	0.012 — 0.014
Cast iron pipe, uncoated ..	0.013
Steel pipe	0.009 — 0.011
Brick	0.014 — 0.017

جدول ٢٥ قيم n لأنواع مختلفة من المراسيد.



ب = مساحت و محیط و شعاع

ل = طول و محیط و شعاع



نمودار منحنی‌های مختلف
و تغییرات مختلف (در صورت لزوم)

شکل ۱۰۲: نمودارهای مختلف
(در صورت لزوم)

ب - الطريقة التالية باستخدام معادلة شر :

$$Q b L = 2408 d^{2.672} i^{0.55} \quad [132]$$

حيث :

Q : عامل الصرف مم/يوم ،

b : المسافة العرضية التي يندمها المجمع بالمتر ،

L : طول المجمع بالمتر من المبدأ إلى النقطة التي يجري تحديد القطر عندها
أو حتى غرفة التفتيش ،

d : قطر المجمع بالمم و

i : انحدار المصرف سم/متر .

٥ - استعمال لودوجرام شر :

إذا كانت $Q = ٣$ مم/يوم ، $b = ١٩٧٥$ متر ، $L = ٢٦٢٥$ متر ،
 $i = ١٠٠$ سم/متر .

من النمو جرام بشكل ١٥٢ نجد أن القطر المناظر للبيانات المطاة حوالى
٦ بوصة .

وقد وضعت وزارة الري المصرية بعض الجداول كي تعطى قيم الاقطار
والأطوال لانبعاثات مختلفة هي ٣ ، ٥ ، ٧ سم لكل ١٠٠ متر طول ، وقد
حسبت الجداول على أساس معامل صرف ٤ مم/يوم للمناطق التي تزرع أرزاً ،
وعلى أساس معامل صرف ٢ مم/يوم لغيرها من الزراعات ، في الوقت الذي حددت
فيه المسافة العرضية التي يندمها المجمع بـ ٤٠٠ متر كالآتي :-

[ملحوظة : الأرقام بين الأقواس تمثل البعاطد المفقود باسم الطول جزء المجموع المئين بحجرات]

الطيران المنساطر لكل قطر						الطول الكلي للمجموع
الضابط الكلي المفقود باسم	قطر ٣٥ سم	قطر ٣٠ سم	قطر ٢٥ سم	قطر ٢٠ سم	قطر ١٥ سم	
٣				(٣)	٧٠٠	٧٠٠
١٢				(٩)	٣٠٠	٤٠٠
١٧				(٣)	٧٠٠	٦٠٠
٧٣				(٣)	٧٠٠	٨٠٠
٧٩				(٣)	٧٠٠	١٠٠٠
٣٦		(٧)	٧٠٠	(٧)	٣٠٠	١٢٠٠
٤١		(٨)	٥٠٠	(٤)	٣٠٠	١٤٠٠
٤٩		(٣١)	٨٠٠	(٤)	٣٠٠	١٦٠٠
٥٤	(١٠)	(٢٩)	٧٠٠	(٤)	٣٠٠	١٠٠٠
٦٣	(٢٥)	(٢٠)	٦٠٠	(٤)	٣٠٠	١٠٠٠

بحسب حساب أنظار وأطوال الجملات بأبعاد متوسط ٣ سم لكل ١٠٠ متر وأطوال

حطيات ٢٠٠ متر ومساكن صرف ٢٠٠م/١٠٠م [مناطق ذواقة أرد] .

الضامات الكلي المفتوحة باسم	الطبول المسطرة لكل قطر					الطبول الكلي للمجموع
	قطر ٢٥ سم	قطر ٣٠ سم	قطر ٣٥ سم	قطر ٢٠ سم	قطر ١٥ سم	
١					(١)	٢٠٠
٦				١٠٠	(٦)	٤٠٠
١٤				٢٠٠	(١٢)	٩٠٠
١٩				٣٠٠	(١٨)	٨٠٠
٢٧				٥٠٠	(٢٤)	١٠٠٠
٣٣			(٩)	٥٠٠	(٣٠)	١٢٠٠
٣٩			(١٤)	٥٠٠	(٣٦)	١٤٠٠
٤٥			(١٨)	٥٠٠	(٤٢)	١٦٠٠
٥٥			(٢٤)	٥٠٠	(٥٤)	١٨٠٠
٧٦			(٤٠)	١٠٠٠	(٩١)	٢٠٠٠

جدول ٢٧ : حساب أقطار وأطوال المجمعات بأبعاد متوسط ٢ سم لكل ١٠٠ متر وأطوال
حطيات ٢٠٠ متر ومقابل صرف ٢ سم / يلام .

القطاع الأول المقره باسم	المبنيون المالكين					طول المبنى الكل بالـ
	قطر ٢٥ سم	قطر ٢٠ سم	قطر ٢٥ سم	قطر ٢٠ سم	قطر ١٥ سم	
٣					(٣)	٢٠٠
١٣				(٤)	(٩)	٤٠٠
٢٣				١٠٠	(٩)	٦٠٠
٣٣			(١٠)	(١٤)	(٩)	٨٠٠
٤١			(١٨)	(١٤)	(٩)	١٠٠٠
٥٧			(٣٤)	٢٠٠	(٩)	١٢٠٠
٦٤		(٧)	(٣٤)	٦٠٠	(٩)	١٤٠٠
٧٧		٢٠٠	(٣٤)	(١٤)	(٩)	١٦٠٠
٨١		٤٠٠	(٣٤)	(١٤)	(٩)	١٨٠٠
٨١		٧٠٠	(٣١)	(١٤)	(٩)	٢٠٠٠
١٠٢		٩٠٠	(٢١)	(١٤)	(٩)	٢٠٠٠

بحسب طول ٣٨ : حساب أقطار وأطوال المجموعات بالمختار متوسطه سم / ١٠٠ متر وأطوال
 حليات ٢٠٠ متر ومساكن صرف ٤ سم / يوم [مناطق ذراعة ارض] .

الطبول المائطر لكل قطر						طول الجميع الكل بالتر
المائطر الكلي	قطر ٢٥ سم	قطر ٣٠ سم	قطر ٣٥ سم	قطر ٤٠ سم	قطر ١٥ سم	
١					(١)	٧٠٠
٦					(٦)	٤٠٠
١٨					(١٨)	٦٠٠
٤٠				(١٤)	(٤٠)	٨٠٠
٣٢				(٣٩)	(١٨)	١٠٠٠
٤٤				(٤٢)	(١٨)	١٢٠٠
٦٠				(٦٢)	(١٨)	١٦٠٠
٨١				(٨)	(١٨)	١٨٠٠
٨٨				٧٠٠		
٩٩				(٨١)	(١٨)	٧٠٠

جدول: ٣٩: حساب أطوار وأطوار الهجمات بأبعاد متوسط ٥ سم / ١٠٠ متر وأطوار ال
حطبات ٢٠٠ متر ومقابل صرف ٢ سم / يوم [مناطق لا تزرع أورد].

الامتداد الكلي المفتوح	المطرون المسطر لكل قطر					الطول الكلي للمسح بالمتر
	قطر ٢٥ سم	قطر ٢٠ سم	قطر ٢٥ سم	قطر ٢٠ سم	قطر ١٥ سم	
٣					(٢)	٢٠٠
٧٢					(٢٢)	٤٠٠
٣٢				(١٠)	(٢٠)	٦٠٠
٥٤				(٢٢)	(٢٨)	٨٠٠
٧٢				(٦٢)	(٩)	١٠٠٠
٨٩			(١٧)	٢٠٠	(٩)	١٢٠٠
٩٢			(٥٠)	٦٠٠	(٩)	١٤٠٠
١٢٢			(٨٠)	٨٠٠	(٩)	١٦٠٠
١٢٧		(١٥)	٢٠٠	٨٠٠	(٩)	١٨٠٠
١٤٢		(٢٩)	٥٠٠	٧٠٠ / (٢٢)	٣٠٠	٢٠٠٠

جدول ٤ : حساب أقطار المطرون المسمات بأبعاد ٧,٥ سم / ١٠٠ متر وأطوال
حطيات ٢٠٠ متر ومقابل صرف ٤ سم / يرم (مناطق زراعة أورد).

القطر الكلي المفقود	المطسور في المساطر لكل قطر					القطر الكلي للمساطر
	قطر ٣٥ سم	قطر ٣٠ سم	قطر ٢٥ سم	قطر ٢٠ سم	قطر ١٥ سم	
١					(١)	٣٠٠
٦					(٦)	٤٠٠
١٩					(١٩)	٦٠٠
٤٢					(٤٢)	٨٠٠
٧٨					(٧٨)	١٠٠٠
٩١				(١٣)	(٧٨)	١٢٠٠
١٠٥				(٢٨)	(٧٨)	١٤٠٠
١٠١				(٥٩)	(٤٢)	١٦٠٠
١٢١				(٨٤)	(٤٢)	١٨٠٠
١٥٨				(١١٦)	(٤٢)	٢٠٠٠

مجموعه ٤١ : حساب أقطار وأطوال الجمادات بأقطار ٣٥ سم / ١٠٠ متر وأطوال

مقاييس ٢٠٠ متر ومماثل صرف ٣ سم / ٢٠٠ م.

د - معادلة بونسليه (Poncelet) :

وتستعمل للأقطار الصغيرة وهي :

$$v = 48 \left\{ \frac{d \cdot h}{L + 54 d} \right\}^{1/2} \quad [133]$$

حيث

v : السرعة بالقدم في الثانية ،

d : قطر المصرف بالقدم ،

h : الفرق بين منسوب داية ونسوب نهاية المصرف بالقدم أى الشاغل و

L : طول المصرف بالقدم .

هـ - معادلة اليوت (Elliott) :

وهي تشبه معادلة بونسليه ولها نفس الرموز كالآتي :

$$v = C \left\{ \frac{d h}{L + 54 d} \right\}^{1/2} \quad [134]$$

حيث :

C : معامل يختلف حسب حجم المصرف ويمكن إيجاده من

الجدول ٤٧ :

Q	قطر المصرف بالبوصة
٣٤	٥
٣٦	٦
٤٠	٨
٤٣	٩
٤٤	١٠
٤٥	١٢
٤٧	١٦
٥٠	١٨
٥٤	٢٤
٥٧	٣٠
٦٠	٣٦
٦١	٤٢
٦٤	٤٨

جدول ٤٢ : معامل (Q) بمعادلة إليوت .

وقد عدل إليوت معادله إلى :

$$v = C \left\{ \frac{d(h + h')}{L + 54d} \right\}^{1/2} \quad [195]$$

حيث :

h' : تساوى من ٣.٠ إلى ٥.٠ من عمق التربة فوق المصرف حسب نوعها
ثقبية أو خفيفة .

وفي حالة وجود عدة فروع تصب في المصرف الرئيسى عددها n ، فإن
المعادلة المصرف الرئيسى تصبح :

$$v = C \left[\frac{d \cdot h + \frac{b}{n}}{L + 54d} \right]^{1/2} \quad [136]$$

حيث :

b : مجموع ضوابط المصارف الفرعية الزيادة عن h .

و - معادلة ويليامز هازن (Williams - Hazen) :

$$v = C_{\omega} m^{0.83} i^{0.48} 0.001^{-0.54} \quad [137]$$

حيث :

$C_{\omega} = 140$ لتصميم المصارف المنظمة .

i : معادلة وزئرة الزواعة الأمريكية (U.S.D.A) :

$$v = 138 m^{2/3} i^{1/3} \quad [138]$$

الحصول على السرعة بالقدم/الثانية .

ح - من الجدول للفرق وبمعرفة المساحة أو التزعم :

بخطوة انحدار وتصرف المصرف في حالة الأراضي متوسطة القوام حيث يؤخذ معامل الصرف عادة حوالي ٠.٠٥ بوصة في اليوم - يمكن تحديد القطر اللازم لمواسير الصرف .

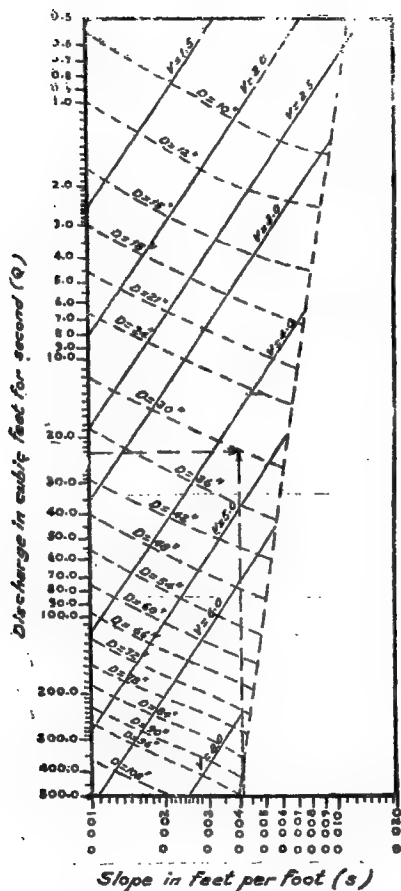
ط - باستعمال الرسم البياني التالي (للقطر الكبير) :

بمعرفة تصرف المصرف بالتقدم المكعب في الثانية وانحدار المصرف بالتقدم لكل قدم طول يمكن إيجاد القطر الداخلي والسرعة . (أنظر شكل ١:٣)

وستستعمل وزارة الري في مصر الجدول الآتي :

المحصاد						القطر الداخلي (م)
٧,٥ / ١٠٠ متر		١٠ / ١٠٠ متر		١٣ / ١٠٠ متر		
المساحة بالقدان ب	المساحة بالقدان أ	المساحة بالقدان ب	المساحة بالقدان أ	المساحة بالقدان ب	المساحة بالقدان أ	
٨٠	٤٠	٦٠	٣٠	٤٠	٣٠	
١٦٠	٨٠	١٢٠	٦٠	٨٠	٤٠	
٢٥٠	١٤٠	٢٠٠	١٠٠	١٦٠	٨٠	
٤٠٠	٢٥٠	٣٥٠	١٨٠	٢٥٠	١٤٠	
					١٨٠	
</						

جدول ٤٣ - ب : المساحة بالقدان التي يصر بها الجميع بحرقه الخطوط وقطره الداخلي في حالة معامل صرف ٤ / يوم
لمساحات الأور (أ) وحالة معامل صرف ٣ / يوم (ب) لنقطة الأور .



شكل ١٥٣ : تحديد السرعات وأقطار مواضع المصارف.

مثال : إذا أعطيت :

$$Q = ٢٣ \text{ قدم مكعب} / \text{ثانية} = \text{تصرف المصرف ،}$$

$$S = ٠,٠٠٤ \text{ قدم} / \text{قدم} = \text{انحدار خط الصرف و}$$

$$n = ٠,٠١٥ \text{ معامل خشونة مانع .}$$

والمطلوب إيجاد القطر الداخلي (D) للصرف والسرعة المتوسطة (V) .

الحل :

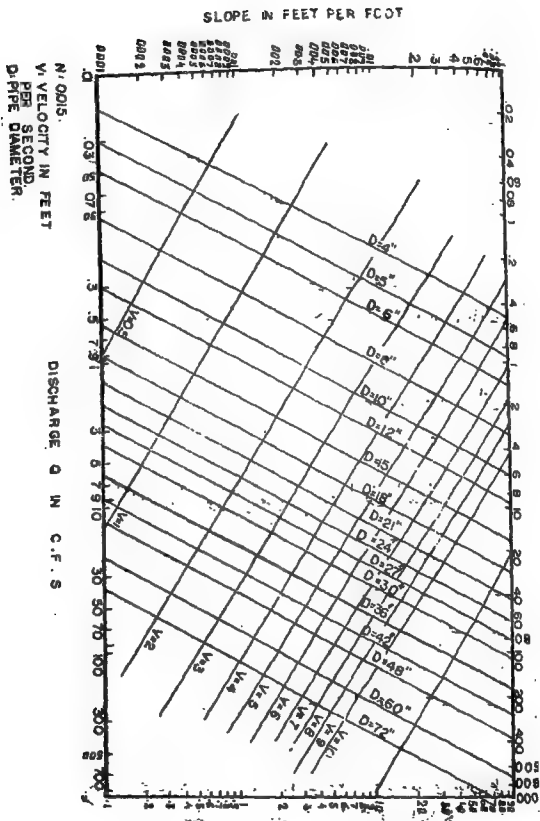
كما هو واضح من شكل ١٥٢ بتوقيع ٢٣ قدم مكعب / ثانية على المحور الرأس وتوقيع ٠,٠٠٤ قدم / قدم على المحور الأفقي فإنها يتلاقيان في نقطة حيث يمكن تحديد $D = ٣٠$ بوصة ، $V = ٤,٤$ قدم / ثانية .

وفي حالة اختلاف معامل الخشونة (n) عن القيمة ٠,٠١٥ المحسوب على

أساسها المنحنيات بالشكل فإن القسمة المتحصل عليها تضرب في $(\frac{٠,٠١٥}{n})$.

ج - باستعمال الرسمين البيانيين بشكل ١٥٤ ، ١٥٥ :

بمعرفة معامل الصرف ونفرض أنه يساوي $\frac{٣}{٤}$ بوصة ، وبمعرفة الإسماء المراد صرفه ونفرض أنه ٨٠٠ أيكس ، وبمعرفة انحدار خط المصرف ونفرض أنه ٠,٢ قدم لكل ١٠٠ قدم ، وبإتباع العمود أيمن الشكل والذي تحت رقم $\frac{٣}{٤}$ كعامل الصرف رأسيًا حتى رقم ٨٠ الدال على المساحة ، ثم الانحناء أفقيًا حتى الانتهاء مع الخط الرأسى المقابل لانحدار ٠,٢ قدم لكل ١٠٠ قدم أى ٢,٤ بوصة لكل ١٠٠ قدم - يشير إلى حجم المصرف ١٠ بوصة . إلى سرعة مياه الصرف أقل قليلًا من ٢ قدم / ثانية ، كما أن التصرف على المحور الرأسى لا يساوى ٨٥٠ قدم مكعب / ثانية . أما إذا كان معروفًا لدينا التصرف فإنه من



شكل ١٥٠ : تحديد أحجام المصارف وسرعة المياه بها.

استعمال قطر ٥ أو ٦ بوصة في نهاية المصرف السفلي، إذ المفروض أن يزداد قطر المصرف لكل ٤٥٠ متر طول من المصرف .

ويبلغ طول وصلات مواسير الحقلية من ٣٠ - ٤٠ سم، بينما يتراوح طول ماسورة المجمع ما بين ٢ - ٣ متر حسب سهولة عمليات النقل والتحميل والتركيب. والملاحظ أنه كلما قل طول المصارف الرئيسية وزاد طول المصارف الفرعية (بعد أقصى حوالى ٨٠٠ متر) كلما كانت شبكة الصرف أكثر اقتصادا، وكذلك الحال كلما قل عدد المصببات كلما قلت تكاليف الشبكة .

والمتعادلات تزيد السرعة من ١ - ١,٥ م / ثانية في مصارف الحقل بينما أقل سرعة مسموح بها في مصارف الحقل هي ١,٥ - ٢ م / ثانية .

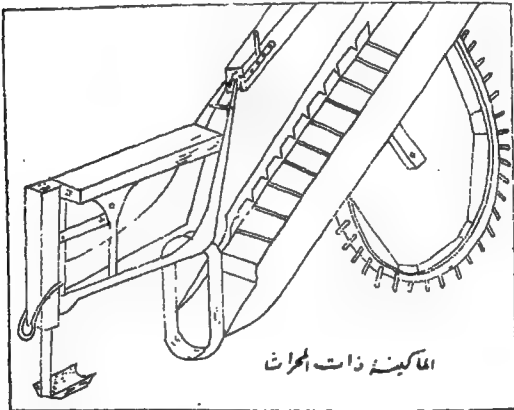
آلات حفر ورص مواسير المصارف المغطاة

يتميز تنفيذ الحقلية ميكانيكيا بالسرعة إذ يتم إنشاء الحقلية ورمدها في نفس اليوم، بعكس التنفيذ باليد الذي يستغرق عدة أيام، كما يتميز التنفيذ ميكانيكيا بدقته ورخص تكاليف التفصيل^(٥) عن التنفيذ اليدوي، إذ تبلغ التكاليف حوالى ٧٥٪ من مثيلاتها باليد. وقد ثبت بالتجربة أن الرواسب داخل مواسير الصرف أقل منها في حالة التنفيذ اليدوي مما يرجع إلى الخطأ أو الأهمال في التنفيذ اليدوي.

(٥) بلغت تكاليف إنشاء المصارف المغطاة باليد من ٢٥ - ٣٠ جنيه مصري للقدم على أساس مسافات ٦٠ متر بين الحقلية، بينما بلغت التكاليف في حالة التفصيل الميكانيكى ٣٢,٣٧ جنيه مصري لمسافات ٣٢ متر بين الحقلية في مشروع زبادية و ٢٤,٨٤ جنيه مصري لمسافات ٤٢ متر بين الحقلية في مشروع بابيس مما يدل بأن هذه الأساليب لا تحصى أى فائدة أو ربح.

هذا حلاوة على أن إنتاج الآلة أكثر من مثيله باليد فقد بلغ طول ما ينشأ بالآلة أكثر من ١٠٠٠ متر طول في اليوم .

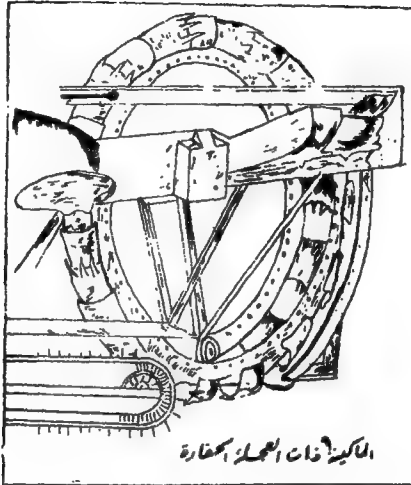
وهناك أربعة أنواع لماكينات الحفر حسب طريقة التسيير أو الدفع - أولها الماكينة ذات المحراث (Plows & Scoops) لتقليب التربة وتفكيكها لإزالتها إما باليد أو بالسيور الناقلة (Belt Conveyors) كما هو موضح بشكل ١٥٦ :-



الماكينة ذات المحراث

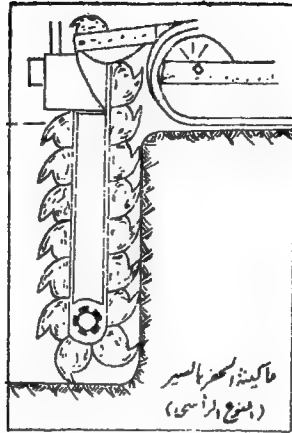
شكل ١٥٦ : ماكينة ذات المحراث.

والنوع الثاني هو الماكينة ذات العجلة المدارة (Wheel excavators)، وهي أكثر استعمالاً حيث تعمل التربة إلى أعلى العجلة ثم إلى خارج منطقة التنزير بواسطة سير ناقل كما هو موضح بشكل ١٥٧ :-

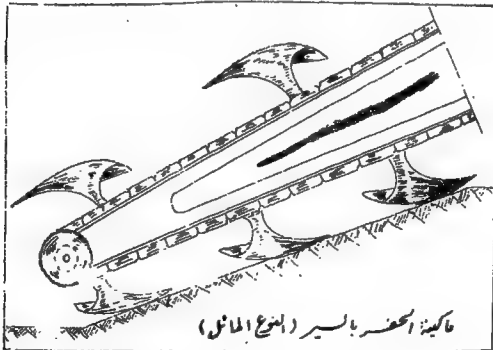


شكل ١٥٧ : الماكينة ذات السلسلة الحفارة.

والنوع الثالث ماكينة الحفر بالسير (Endless-chain excavators)
 الموضحة بشكل ١٥٨، وفيه الماكينة ذات ذراع رأسى مما يقلل من العمل اليدوى
 لاسيما في حالة وجود بعض المواسير والكابلات الأرضية بالتربة، وقد تكون
 الماكينة ذات ذراع مائل كما في شكل ١٥٩ :-

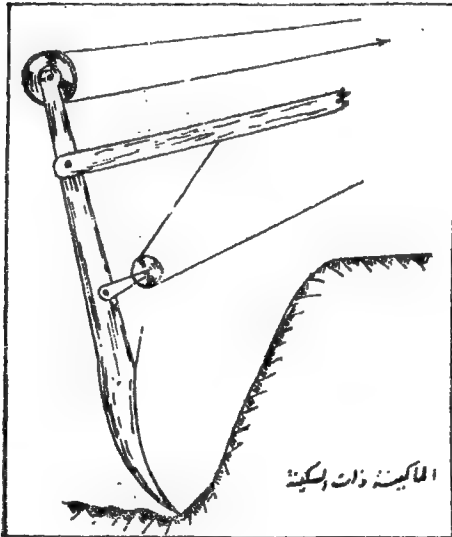


شكل ١٥٨ : ماكينة الحفر بالسير من النوع الرأسى.



شكل ١٥٩ - ماكينة الحفر بالسير ذات الدراع للمائل.

والنوع الرابع هو الماكينة ذات السكينة (Hoe Excavators) شكل ١٦٠ .
حيث يوجد مغراف الحفر (Bucket digging) من سلاح مقعر (Concave blade) حسب العمق المطلوب حفره ويستعمل هذا النوع الحفر العميق وإزالة
كتل الأحجار الكبيرة وعمل الوصلات .



شكل ١٦٠ : الماكينة ذات السكينة.

وأكثر الأنواع المستعملة في مصر هو النوع ذو السكينة الحفارة اصطلاحية

لأنواع التربة المختلفة رغم حاجتها إلى مقطوعة السحب، بعكس الأنواع ذات العجة إلى تتحرك ذاتيا. كما أن له حميرة لتوزيع ثقل الماكينة، وجزيو مثبت به سكاكين لقطع وحفر الخنادق، مبتدئين من المصب، بمرض ٢٢ سم وعمق يصل من ١,٦٠ متر إلى ١,٨٠ متر، وله حواطئ تسند جدران الخندق من أى تهايل للأثرية لحين انتهاء حصر مواسير الصرف، كما أن له مجرى بين تلك الحواطئ تدفق عليه المواسير لتستقر في موضعها المحدد كلما تحركت الآلة للأمام. ويمكن التحكم في العمق والميل والانحدار المطلوبين عن طريق مسطرة أفقية أمام السائق، وبمساعدة سلسلة من الشواخص ذات مؤشرات موضوعة أمام المناسيب المقررة، بحيث تملو عن قاع الحفر بمقدار ثابت ضابا لموازاة خط النظر مع الانحدار المطلوب لخط المواسير. وأحيانا يتم تنفيذ الانحدار بطريقة مباشرة بشد خط بين قطع ذات مناسيب وأبعاد معينة، تتفق مع الانحدار، ويضاف الماء إلى جدران الخندق أثناء الحفر لتقليل الاحتكاك بينها وبين حواطئ الماكينة. ويتم وضع المرشح بعد حصر المواسير بالسلك المطلوب بواسطة جرار أو جهاز خاص. ويجب اختبار الحفليات قبل أن يتم الردم على المواسير بجرار ذى كتيبة على ثلاثة أو أربعة مراحل ضابا وإليابا ثم يمرر هجل الجرار فوق الردم لتثبيته.

وتحتاج الماكينة خمسة عمال وفقى واحد لتشغيلها، كما يمكن لها حصر المواسير بعنق ١,٥ متر إذا أريد لها العمل بصفة مستمرة، إذ لو زاد العمق عن ذلك فإن أجزاء كثيرة منها قد تلس سطح الأرض. ولا يصح تشغيل هذه الماكينات في أراضي مروية منذ قترات أقل من أسبوع، أو أراضي جافة جدا، ومن الضروري في معظم الأحوال إعادة إنشاء المزان الموصولان للحقل بالمجمع، إذ قد يكون تخريب المواسير أصلا من المجمع في بداية تشغيل الحفليات، كما أنه من الضروري

رغم جميع مواقع الحفر قبل رى الحقل ، وبعد مراجعة انحدار خطوط الصرف ومراجعة تخطيطها وبقية مواصفاتها .

مزايا تنفيذ مواسير الصرف من الترمو بلاستيك بالماكينات :

- ١ . رخص تكاليف التشغيل إلى ما يعادل ربع ما تتكلفه المواسير الفخار ،
- ٢ . توفير الأيدي العاملة إلى ما يعادل ٨٠ ٪ ،
- ٣ . إمكان العمل في معظم أوقات السنة أثناء وجود المحصول أو في موسم هطول الثلج ،
- ٤ . التحسن الملحوظ في وسائل العمل بالنسبة للطرق الأخرى التي تستخدم فيها المواسير الأمتنية أو الفخارية والتي تكون فيها عرضة لثقب لحاماتها وكسرها بسبب الهبوط ، بينما لا تتعرض المواسير المرنية في مثل هذا النظام لمثل هذه العيوب حتى في الأراضي الرخوة و
- ٥ . لا تتأثر المواسير في هذا النظام بعمق جذور النباتات أو تراكم الطمي الناعم على مسافات لحاماتها نظرا لعنم وجود لحامات رأسية تساعد على حدوث ذلك .

الغوامل التي تؤثر على معدل ومواسير الصرف المنفذ :

- ١ - كمية الرطوبة الموجودة بالتربة وقت التنفيذ ،
- ٢ - صفات التربة كصلابتها ولزوجتها ووجود أحجار بها وجذور الأشجار وغيرها ،
- ٣ - عمق الحفر وعرضه ،
- ٤ - نوع وحالة ماكينات الحفر ،

٥ - مبرة العمال والفنيين القائمين بالتفيد و

٦ - الاصطال والطروف ، الطارئة أثناء التفيد .

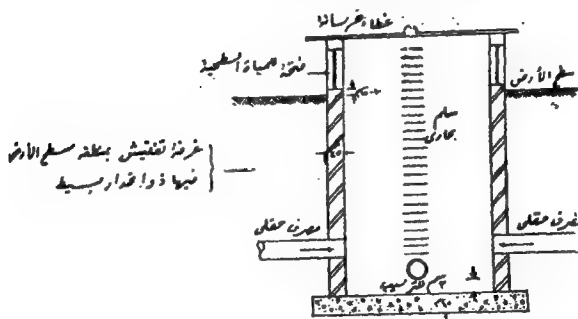
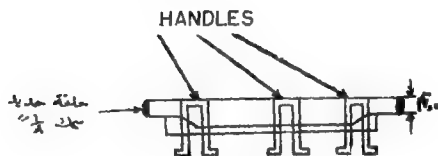
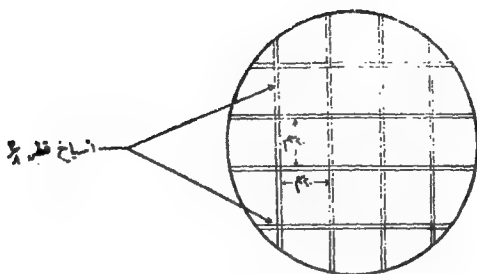
بعض الاعمال الصناعية اللازمة لشبكة الصرف للخط :

تحتاج أى شبكة صرف مغطاة إلى بعض الاعمال الإنشائية أو الصانعية لضمان
من تشغيلها على الوجه الأكمل ولتقليل أعمال الصيانة بها ما أمكن ومن أم هذه
الاعمال ما يأتي :

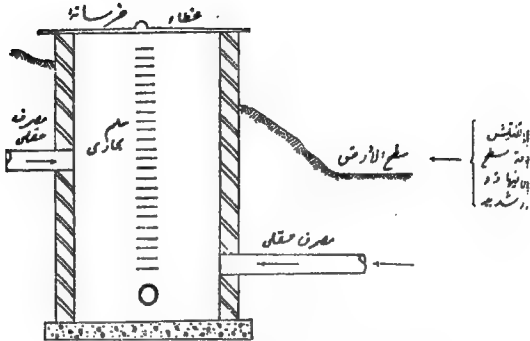
(١) غرف التهيش (Manholes) :

وتوضع عند تلاقى خطان أو أكثر من خطوط الصرف ، وعلى مسافات من
١٥٠ - ٤٠٠ متر لسهولة غسيل الشبكة إذا حدث إطماء لها في المستقبل ، أو عند
أى تغيير فى تخطيط شبكة الصرف . وليس من الضروري وضع غرف التهيش
عند تغيير الانحدار أو التقاطع .

وهى عبارة عن غرف تبنى من الطوب الأحمر أو الحجر بأبعاد : طول متر أو
٣٦ بوصة على الأقل وعمق متر أو ٣٦ بوصة على الأقل ، أو على شكل دائرة
قطرها متر أو ٣٦ بوصة ، كل ذلك إذا كانت مواسير الصرف قطرها ١٢ بوصة
وإلا زاد الطول والعمق أو التقاطع إلى ٤٢ بوصة إذا زاد قطر مواسير الصرف
عن ١٢ بوصة ، وذلك حتى تنسج له أمل يمكنه النزول إلى أرضية غرفة التهيش
برأسه سلم وجمارى ، مكون من بعض الخوص أو الأسياخ الحديدية أو المعدنية
تثبت فى أحد جدران الغرفة ، ويمكن لهذا العامل تنظيف القاع أو تنظيف مواسير
الصرف بما يكون قد ترسب من رمل ناعم جدا وملت وطين أو من بياضات -
مستعملا بعض الأدوات المجبرة لهذا الغرض . ومن أجل ذلك يكون منسوب
أرضية الغرفة أو طى من منسوب المواسير الخارجة بمقدار ٣٠ سم على الأقل .



شكل ١٦٩ : غرفة تقطيش بمنطقة سطح الأرض فيها ذوا قدر بسيط.



شكلى ١٦١، ١٦٢ : غرفتا تفتيش بمطقتين مختلفتي الانحدار السطح.

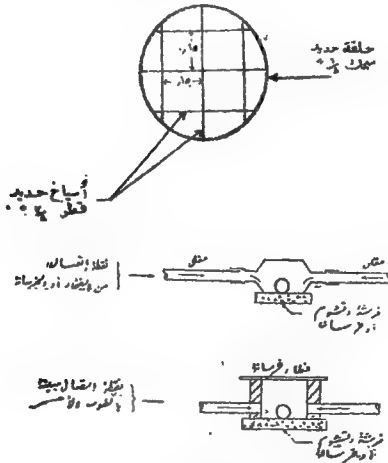
وقد تُلغى بالجدران فوق منسوب سطح الأرض المجاورة عدة فتحات إذا رُغب في صرف المياه السطحية عن طريقها . وقد تكون جدران غرفة التفتيش من مواسير ذات قطر كبير من الخرسانة أو مواسير معدنية معرجة (Corrugated Metal Pipe; CMP) سبق غمسها في الأسفلت أو إحاطتها بالأسبستس (Asphalt dipped) أو (Asbestos - bonded) ويجب المرور على غرف التفتيش مرة على الأقل كل شهر لمدة عام كامل بعد إنشائها على الأقل، ثم المرور عليها مرة أو اثنين كل عام بعد ذلك لتنظيفها .

ويعمل مقدار من السقوط بين مواسير دخول المياه ومواسير خروجها من منوعى الفاقد في الضغط في غرفة التفتيش، وذلك بأن تعمل الرواسم العليا لمواسير دخول المياه وخروجها في نفس المنسوب إذا كان التصميم يبين أن مواسير دخولها

المياه ملوثة بها بينما مواسير خروج المياه أكبر قطرا وأن السقوط يمكن تنفيذه ،
أما إذا لم يكن التصميم فيه أى تغيير لحجم المواسير وكانت غير ملوثة تماما بالمياه
فإن الفاقد فى الضغط يمكن استغاضه فى الجزء من المواسير الغير مستقل بالمياه.

(ب) غرف او صناديق الاتصال (junction boxes) :

وهى مواضع لقاء المصارف الحلقية مع المجمعات الثانوية أو الرئيسية وتعمل
إما من الفخار أو الخرسانة كقطعة واحدة ، كما أنها قد تبنى من الطوب فى كثير



شكل ١٦٢ : غرفتا اتصال من الفخار أو الخرسانة أو

من الطوب الأحمر.

من الأحيان ، وتوضع فوقها على سطح الأرض ما يسمى بصلامة الاستدلال
للتعرف على مواقعها إذ يورج فوقها لاستغلال الأرض وعدم تركها بور.

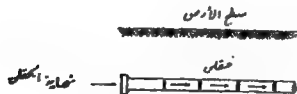
(ج) علامات الاستدلال :



شكل ١٦٤ : علامة استدلال مثبتة فوق غرفة اتصال.

وهي عبارة عن زوايا حديدية أو معدنية ، مثبتة في الأرض في كتلة من
الحرسانة لتعرف على أماكن غرف الاتصال تحتها وللتعرف على اتجاه المجمع
الفرعي أو الرئيسي :

(د) نهايات الخلفيات :

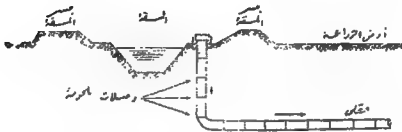


شكل ١٦٥ : مصرف حقل عند نهايته.

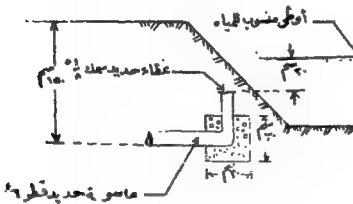
من الضروري سد مواسير المصارف الخلفية عند نهايتها، منعاً لمرور حبيبات
التربة الدقيقة خلالها، ومنعاً لثوز الطحالب والنباتات التي قد تمتد إلى باقى طول

الحقن بمضى الزمن، ويستعمل لذلك إما الحام بالاسمنت أو تستعمل كتلة خرسانية صغيرة أو مجموعة من قوالب الطوب .

(هـ) أعمدة الغسيل :

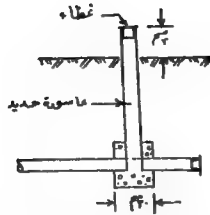


شكل ١٦٦ : خنق متصل بعامود غسيل.



شكل ١٦٧ : عامود غسيل بجمع قطر ٢٠.

وهي عبارة عن مواسير بوصلات ملحومة أو كروخ من الفخار المطل أو الحديد قطر ٢ بوصة يصل المصرف بالترعة أو المسق القريبة ، بغرض غسيل وتنظيف الحفريات أو المجمعات من حين لآخر بواسطة اندفاع المياه إليها . وقد تضاف إلى المياه بعض المواد الكيميائية إذا أريد التخلص من جذور النباتات التي قد يكون نموها سببا في انسداد مواسير الصرف .



شكل ١٦٨ : عمود غسيل فوق سطح الأرض للحفريات
التي تصب بغرف تفتيش .

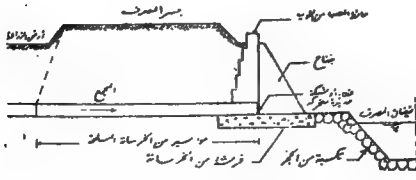
(و) مصبات الجيوميات أو مخارجها (Outlets) :

من الضروري عند تصميم المصبات دراسة كفاءتها، إذ يفعل ألا تستعمل
الطلبات لرفع مياه الصرف ، لذلك تقسم المصبات عادة أو المخارج إلى قسمين
بالجاذبية وبالرفع وتشمل الأولى المواسير ومجارى المياه المنقاة من مواد مختلفة
والمجارى أو القنوات الطبيعية والآبار . وتعتمد هذه الدراسة على صفات المساحة
التي يمرى صرفها . فإذا كانت مياه الصرف تنهى إلى بحر أو بحيرة أو إلى بركة
أو نهري يجب تحديد مناسيب مياهها وتذبذب هذه المناسيب وترددها (Frequency)
واستمرارها (Duration)، حيث تحدد هذه المناسيب نهاية الميل الهيدروليكي
لخط المياه بنظام الصرف . ويتم الصرف بالجاذبية الأرضية إذا ملا سطح الأرض
المراد صرفها بمقدار ثلاثة أمتار على الأقل فوق منسوب المصب .

وقد تمتدعى بعض الحالات أن تصب المخاريف في أحواض (Sumps)
حيث تقرب المياه إلى الماء الأرضي الذي تنهى حركته إلى نهر أو مساحة أ

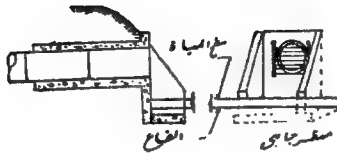
تسبب لها أية مشاكل بسبب ذلك، ويراهى أن يكون تخطل المياه عاليا بالدرجة الكافية للتخلص من مياه الصرف (شكل ١٧٢).

ومن الضروري عند لقاء المصارف الجمعة بالمصارف المكشوفة، عمل تغطية للأخيرة حتى لا يسبب تدفق المياه أى انهيار للجوانب أو لقاطعها، أو أى نحر أو تآكل تحت المواسير (Undercutting)، ثم كسر خط الصرف، ولذلك تستعمل وصلات ماحومة عند آخر خط الصرف، أو تستعمل المواسير المقموسة فى الأسفلت (Asphalt dipped) أو المواسير المعدنية الممرجة المحاطة بالأسبستوس (Asbestos bonded corrugated metal pipes) أو المواسير الأسبستوسية (Asbestos - Cement pipes) كما تعمل حوائط جانبية تسمى أجنحة (Wing walls) حتى لا تتآكل أنقرة جسر المطرقة. لتحديد سريان المياه فى مجرى مرسوم أو محدد. كما يتصل بالحوائط الأخيرة حوائط أخرى للحفاظ على أنقرة جسر المصرف لاسيا إذا كانت مرتفعة المنسوب.



شكل ١٦٩ : مصب مصرف مجمع بمصرف مكشوف.

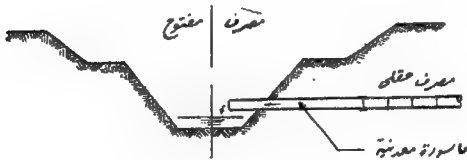
وتوضع بوابة ذات مفصلة بنهاية ماسورة الجمع منها لدخول أى هوائى بها.



شكل ١٧٠ : مضب مصرفت مجمع .

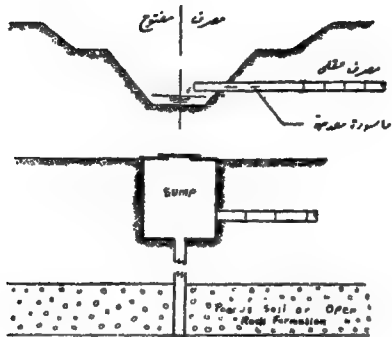
في الوقت الذي تسمح فيه المفصلة بفتح البرابة في حالة اندفاع مياه الصرف إلى خارج المجمع، وقد توضع شبكة من السلك لمنع دخول الحشرات أو الحفادع أو الفئران إلى داخل المصريف .

وشكل ١٧١ يبين مضب يعمل عادة في الأراضي المناسكة التي لا يحدث لجوانب المصريف المكشوف فيها أو قاعة أى بحر أو تهايل .

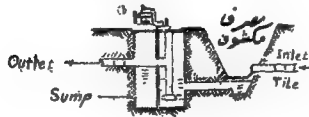


شكل ١٧١ : مضب في أراضي مناسكة .

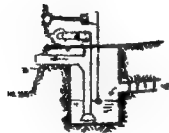
وأشكال ١٧٣ ، ١٧٤ ، ١٧٥ توضح ثلاثة أنواع خارج لمصارف ، نظارة حيث وضعت عليها ثلاثة طلبات لرفع مياه الصرف .



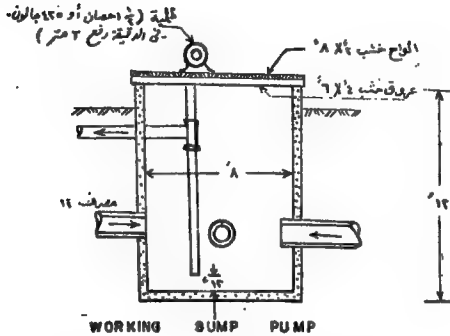
شکل ۱۷۲: مصب فی حوض (Sump).



شکل ۱۷۳.



شکل ۱۷۴



شكل ١٧٥

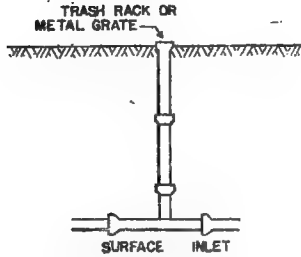
أشكال ١٧٣ ، ١٧٤ ، ١٧٥ : ثلاث مخارج لمصارف مضخة ركبت عليها طلبات لرفع مياه الصرف .

ويمكن تلخيص الشروط الواجب توفرها في المصبات أو المخارج كالتالي :

- ١ - حرية خروج المياه بأقل صيانة لازمة ،
 - ٢ - عدم حدوث انسياب أو تآكل أو ضرر للمصارف ،
 - ٣ - إبعاد الحيوانات والقران بعيدا عن نهاياتها ،
 - ٤ - وقاية النهايات من مرور الماشية ومن نتائج تجمد المياه وذوبها و
 - ٥ - منع دخول المياه ورجوعها إلى المصارف في حالة ارتفاع المياه
- بمكان إلغائها .

والداخل السطحية (Surface inlets):

وتشتمل الصرف السطحي كما سبق الحديث عنه ويمكن زارعة المساحات

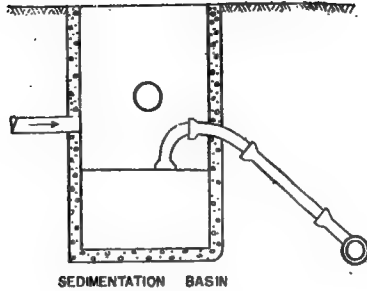


شكل ١٧٦ : مدخل مياه سطحي .

حول الماسورة بالحشائش بصفة مستمرة، وقد يعطّر لعمل المدخل السطحية بالمساحات الواسعة، ولتوصيل خنادق صرف الطرق بشبكة الصرف وتختار مواقعها بجوار الأسوار أو المساحات الدائمة الإنبات، وتتأ من الوصله المتداخلة (Bell and spigot tile) بقطر لا يقل عن ٦ بوصة مع لحام القواصل قرأسية والقواصل على مسافات ٢ متر على الأقل من جانبي المصرف الأفقي . ويفضل تثبيت الجزء الرأسي بعمل قاعدة خرسانية (Concrete collar) حول مدخل المياه الذي يجب وقايته بشباك معدني على شكل خلية النحل (Beehive grate). وفي حالة ضرورة إنشاء مدخل سطحي فوق مصرف مغلي رئيسي يفضل اختيار مصرف فرعي قرب نهايته بمقدار من ٢ متر إلى ٤ متر لإنشاء المدخل السطحي متعللاً به من أجل منع فشل نظام الصرف إذا ما انهار المصرف الفرعي أو في حالة تلفه

ج . أحواض الترسيب للمصروف كبرى الحجم (Sedimentation Basins):

وتنشأ في حالة احتواء الأراضي لكميات كبيرة من الرمال الناعمة التي تسبب انسداد المصارف بعد دخولها في الوصلات . وقد تغطي بأغشية من الخرسانة أو

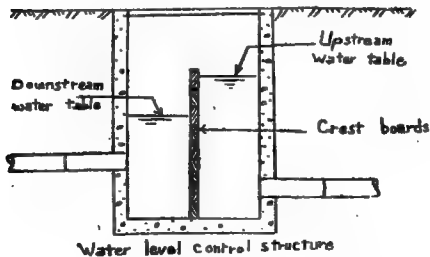


شكل ١٧٧ : عرض ترسيب.

الحديد أو مجموعة أسياخ حديدية قطر كل منها بوصة والمسافة بينها ٣ بوصة من المركز إلى المركز إذا أريد استعمالها كدخل للياه في نفس الوقت .

ط - المنشآت للتحكم في منسوب المياه

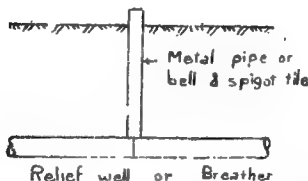
(Water level control structures)



شكل ١٧٨ : منشأ للتحكم في منسوب المياه.

وتستعمل في حالات الري التحت سطحي لاسيما في الأراضي الضوية
(Organic soils) التي تمك في منسوب الماء الأرضي وضمان ثباتها عند
منسوب معين .

ي . منفس أو ماسورة تهوية (Relief Well or Breather) :



شكل ١٧٩ : منفس أو ماسورة تهوية (Relief well Breather) .

وهي مواسير أسطوانية متداخلة أو من الحديد ذات حجم صغير تمتد من
المصارف إلى أعلى سطح الأرض بحوالي ٣٠ سم .

وتستعمل لوقاية مواسير الصرف من الانفجار نتيجة زيادة الضغط، وتوضع
في الغالب بالأماكن الغير معرضة للتآكل وحيث المصارف شبه أفقية بعدد تغير
كبير في انحدار المصرف بالمسافة شبه الأفقية .

٥ : نموذجي اتصال حقل بجميع الأنواع المختلفة :

أنظر شكل ١٨٠ ، ١٨١ :

انحدارات المصارف المغطاة

أولا - الخلاصات:

من أم العوامل التي تتحكم في تحديد انحدار المصارف الحلقية عامل السرعة وقد أعطى بونسيلى قانونه المشهور الذى يمكن به تحديد السرعة :

$$v = 460 \sqrt{\frac{DH}{L + 50D}} \quad [189]$$

حيث :

v . السرعة ،

L : الطول باقدم للصرفت ،

D : القطر باقدم للصرفت ،

H : فرق المنسوب بين بداية المصرف ونهايته باقدم ،

O : معامل يمكن إيجاده من الجدول الآتى حسب قطر المصرف :

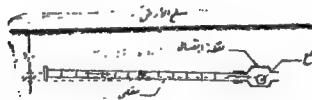
القطر بالبوصة	O	القطر بالبوصة	O
٢	٠.٧٥	٨	٠.٩٢
٣	٠.٨٠	١٠	٠.٩٥
٤	٠.٨٣	١٢	٠.٩٧
٥	٠.٨٦	١٤	٠.٩٩
٦	٠.٨٨	١٦	١.٠٢

جدول ٤٤ : تحديد المعامل O بمعادلة بونسيلى.

ويتضح من قانون بونيليية عدم ثبات السرعة على طول المصرف ولذلك
يجب ألا تقل السرعة عن ١٥ - ٢٠ م/ث كما يجب ألا تزيد عن ١٥ - ٢٥
م/ث .
ويجب بالنسبة للانحدار عادة الآتي :

(٥) في الأراضي المنبسطة :

يوضع مصب كل حقل أو طى من مبدئه بحوالى ٢٥ سم على الأقل حتى يعطى
أكبر انحدار ممكن لمياه المصرف كما هو موضح بالشكل :



شكل ١٨٢ : يبين انحدار المصرف الحقل حيث يطر المبدأ من المصب .
بمقدار ٢٥ سم على الأقل .

(ب) في الأراضي ذات السطح المتعرج :

توضع مواسير المصرف موازية لسطح الأرض عادة وعلى عمق منها حسب
الاعماق التصميمية لشبكة الصرف .

٧ - المجاميع :

يجب أن يكون انحدار المجمعات تاراليا أى يجب أن يقل الانحدار كلما زاد
حجم المصرف ، ويحدد انحدار المجمعات مناسيب النهايات السفلى للأرض التي
تصب فيها والتي يجب توزيعها على ورق مربعات، ورسم خطوط لها انحدار يمر
بهذه النهايات أو أعلى منها (من الخطوط) ، وعادة لا يقل انحدار المجمعات عن .

٥٠١.٠٪ وقد يقل انحدار المجمعات ذات قطر ١٢ بوصة أو أكبر - إلى ٥.٠٪ /
وإن كان من المفضل زيادتها . ويعتمد انحدار المجمعات على طولها وعلى منسوب
المياه بالمصارف التي تصب فيها .

ثالثا - ملاحظات عامة بالنسبة لانحدارات المصارف المغطاة :

١ - يعطى أكبر انحدار لمصارف الحقل في حالة التخطيط الطولي وأقل انحدار
في حالة التخطيط العرضي ، إذ كلما زاد الانحدار كلما قل حجم المصرف اللازم
وكما أسرع في التخلص من مياه الصرف ويتجاشئ تغيير الانحدار إلا في
الضرورة القصوى ،

٢ - يجب ألا تزيد الانحدارات كثيرا إلى الحد الذي قد يسبب التيارات
المرضية أو العكسية والذي قد يتسبب في حركة حبات التربة وتخلخلها لاسيما عند
الوصلات والتواصل وإلى زحوحة خطوط الصرف ،

٣ - يجب ألا تقل الانحدارات إلى الحد الذي لا يسمح بحمل المواد المعلقة
بمياه الصرف مما قد يؤدي إلى رسوبها في المواسير، وعلى ذلك يجب أن تكون
الانحدارات بحيث تعطى السرعة في الحدود المسموح بها . (أنظر معادلة فسر
التي تحكم العلاقة بين الانحدار والسرعة) ،

٤ - قد يعمل الانحدار صفرا لأطول قصيرة وفي المسافات العليا من خطوط
الصرف ويحظر استعمال انحدار عكسي لأي سبب ،

٥ - يراعى في جميع الانحدارات التي تبلغ أقل من ٠.١٪ استعمال فروع
مستقيمة كما يراعى تقليل المنحنيات حرصا على اقتصاديات المشروع ولتسهيل مهمة
الصيانة ولتقليل الفاقد الهيدروليكي ،

٦- أقل انحدار في الأراضي الطينية للمصارف قطر ٤ بوصة هو ٠.٠٢٥/١ وفي الأراضي الرملية ٠.٠٣/١. وقد يزيد الانحدار حتى ٠.٠٥/١. إذلو زاد الانحدار عن ٠.٠٥/١ فقد يؤدي ذلك إلى حركة المياه خارج مواسير الصرف مسببة نحر التربة وحدوث فجوات قد تؤدي إلى خروج خط الصرف عن مكانه، وإذا اضطر إلى استعمال الانحدارات صغيرة للحفلات فيجب أن يقصر طولها و

٧- أقل انحدار للجمعات هو ٠.١٥/١. للاقطار حتى ١٢ بوصة، ٠.٠٥/١. للاقطار من ١٢ بوصة وأكبر ولكن يفضل أن تزيد عن ذلك لضمان سير المياه بسرعة كافية لكسح ما يمكن دخوله من عواد وأتربة في مواسير الصرف.

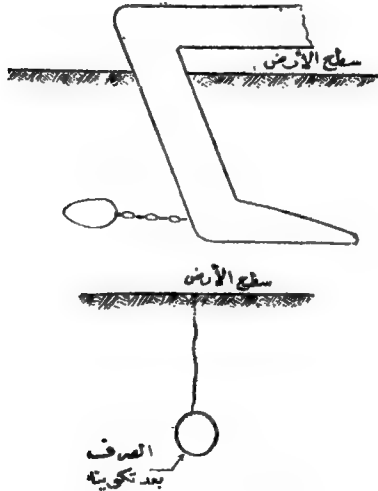
وقد استعملت الانحدارات الآتية في بعض مشروعات الصرف المنطى في مصر:

١٠ سم/١٠٠ متر	لمواسير قطر ٤ بوصة،
٦ سم/١٠٠ متر	لمواسير قطر ٦ بوصة،
٤ سم/١٠٠ متر	لمواسير قطر ٨ بوصة و
٣ سم/١٠٠ متر	لمواسير قطر < ٨ بوصة.

مصارف الحفار أو اللول (Mole Drains) أو التيوب الأفقية:

وهي طريقة زمنية ورخيصة الصرف إذ قد تقل تكاليف إنشائها عن ١/٢ من تكاليف المصارف المنطاة من المواسير الأسمنتية إذا أنشئت التيوب حل أصحاق ٧٥ سم وعلى مسافات ٦ متر فقط بين خطوطها. ويمكن إنشاء هذا النوع من المصارف بجهاز خاص شكل ١٨٢ عبارة عن سداة معدنية أسطوانية ذات قطر يساوي ٢-٣ بوصة وطول حوالي قدم وتتشبه كثيراً في شكلها بذيقة

مدفع الميدان ، وقد تركيب في عماريت الاعاقى أو تنشأ بمحركات الخلد
(Mole plough) (نسبة إلى حيوان الخلد الذى من طباعه حفر الارض) .
لأن كفاءة هذه المصارف عالية بعد إنشائها مباشرة ثم تقل هذه الكفاءة بمرور
الوقت ، ويعتمد عمرها على العوامل الآتية :



شكل ١٨٢ : قطاع بمصرف حفر بطريقة تكوينه .

١- ثبات بناء التربة في الطبقات التي تنشأ بها ،

٢- المحتوى الرطوبى عند التنفيذ ،

- (٣) كمية وشدة هطول الأمطار ومياه الري،
- (٤) التغيرات الموسمية لدرجات الحرارة وتوالي عمليات التجمد والإذابة،
- (٥) عمق المصارف وتطرحا و
- (٦) المعدات وطرق الإنشاء والتنفيذ.

وقد أنشئت هذه المصارف ونفذت بنجاح في إنجلترا ونيوزيلندا وحوض ستر (Suter Basin) بكاليفورنيا وحاشى وعملت بنجاح فترات طويلة تتراوح من عشرة إلى خمسة عشر عاما. ويجرى تنفيذ بعض التجارب على مصارف الجفار بقطاع وسط الدلتا (الحامول) لدراسة إمكانية غسيل الأراضي الملحية وجربها. ويعتمد حق هذا النوع من المصارف والمسافة بينها على صفات التربة وقوة الآلات التي تقوم بحراثة العمق البعيد اللازمة للإنشاء.

وتعمل أقطار مصارف المول أو الجفار والتي قد تسمى الثقوب الأتقية من ٢ إلى ٨ برصة وإن كانت الأقطار الشائعة الاستعمال هي ٢ - ٣ برصة. كأنشئت هذه المصارف على عمق يتراوح من ٣٠ - ٩٠ سم حتى تكون بعيدة عن تأثير إلتلاف الحيوانات والمعدات الميكانيكية الزراعية، وكذلك بعيدا عن تأثير الأحوال الجوية نسبيا ويمكن توصيل مصبات مصارف المول بوصلات من المواسير.

وتراوح المسافة بين هذه المصارف من ١٥ متر إلى ١٠ متر بالنسبة إلى قلة تكاليف إنشائها. ويلزم لإنشاء هذه المصارف جرارات قوتها من ٣٠ - ٧٠ حصان أو أكثر حتى تكون كافية لجر المحاريث بعيدة العمق وإنشاء المصارف على أعماق من ٦٠ - ٩٠ سم، حسب سرعة الجرار ونوع التربة والمحتوى الرطوبي لها وحسب حجم المصريف.

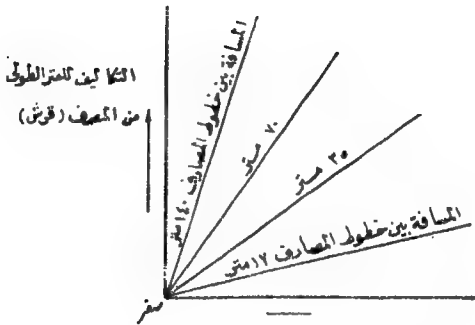
وأنسب الظروف لإنشاء مصارف الحفار هو حينما يكون سطح التربة جافا بالدرجة التي تسمح لوحدة الجبر بالعمل، وتكون في الوقت نفسه الطبقات تحت سطح التربة بطلاء بدرجة كافية لإنشاء المصرف إذ كلما زاد جفاف هذه الطبقات كلما زادت الحاجة بقوة جر عالية وصعب تكوير المصرف .

وكثيرا ما تعمل مصارف المول عمودية على شبكة المصرف المنطى إذا كانت المسافات بين خطوطها بعيدة ، وذلك لتسهيل مهمة المصرف المنطى ولما احتيا إذا كانت التربة طينية ثقيلة قليلة المسامية، وذلك بالإضافة إلى عمل بعض الحطوط (Furrows) . وازية للمصارف المنطاة وفوقها مباشرة إذا لزم الأمر ومن أجل الصرف السطحي .

ولا يمكن تنفيذ مصارف المول في الأراضي الرملية أو البيت (Peat soils) ، ويفضل إنشاءها دائما في الأرضى ناعمة القوام أى الطينية . ولا يعيب هذه المصارف إلا قصر عمرها (من عام إلى ثلاثة أعوام في أغلب الأحوال) ولذا الأعماق الضعيفة التي لا تتجاوزها .

وقد صنعت حديثا مواسير من البلاستيك مخرومة ومضروقة حول بكرة كبيرة بحيث يمكن وضعها في هذه الثقوب الأفقية بمساعدة ماكينات خاصة ، كما يمكن عمل شرائح من البلاستيك بحيث تكون ماسورة بعد لفها، حيث توضع في الثقوب لحمايتها من أى انسداد أو تهليل للأتربة .

ويوضح شكل ١٨٤ تكاليف المتر الطولى من المصرف وتكاليف الضمدان الواحد إذا أنشئت المصارف على مسافات مختلفة ،



التكاليف للوحدان الواحد (قرش)

شكل ١٨٤ : تكاليف المصارف المغطاة على مسافات مختلفة للتر
الطول والوحد الواحد .

تنفيذ ووضع المصارف للنفقة :

بعد اختيار أقطار المراسير وحساب الاحمال عليها نتيجة الردم والتأكد من أن هذه الاحمال أقل من شدة سحق (Crushing Strength) - يبدأ في التنفيذ بوضع أوتاد على طول خطوط الصرف على مسافات من ١٥ - ٥٠ متر، ويكتب على كل منها بعده عن مصب أو مخرج المصرف، ويبدأ بالصفر للحفريات عند لقائها بالمصارف كبيرة الحجم كما توضع أوتاد أخرى لا يزيد ارتفاعها عن منسوب سطح الأرض يحده منها منسوب قاع المصرف - حسب قطاعه - منسوبة بحسب لها مكبات الحفر والعمق الذي يكتب على الأوتاد، ويحسن شد حبل بين هوائيم عرضية لقياس العمق المطلوب منه من أجل دقة العمل .

ويفضل بدء الحفر من جهة المصب حتى يمكن صرف أية مياه أثناء الحفر، كما يجب تجهيز طلبية في حالة استعداد نضج أية مياه قد تتجمع أثناء العمل . ويفضل عمل المصارف في أكثر الأوقات خفافاً من العام وفي حالة زيادة عمق الحفر عن ١,٥ متر حيث ينفخ من تهائل الأتربة ناتج الحفر يستعان بجوانب من الخشب لمنع هذا التهائل وحرصاً على سلامة العاملين . وتعتبر مبول جوانب الحفر أثناء العمل كافية إذا قل عمق الحفر عن مجموع قاعدتي قطاع الحفر وعادة يكون ميل $\frac{1}{4}$ كافياً لذلك .

وتوضع وصلات عواصير المصارف أقرب ما يكون نهاياتها بعضها البعض إذ يكتفى بدخول المياه خلال المسافات بينها الناتجة من خشونة المصنعية :

وقد صم كثير من الماكينات الحديثة بحيث تقوم بوضع مواد المرشح حول وتحت خط الصرف بسمك من ٢ بوصة إلى بوصة، ويحتاج إلى ٢ قدم مكعب لكل مائة ياردة طويلة من المصرف ذو حجم ٤ بوصة، كما يحتاج إلى ٢,٥ قدم مكعب لكل مائة ياردة طويلة من المصرف ذو حجم ٦ بوصة ؛ وإلى ٣,٥ قدم مكعب لكل مائة ياردة طويلة من المصرف ذو حجم ٨ بوصة وعادة لا يكلف حمل المرشح حول خطوط الصرف أكثر من ١٠٪ من تكاليف إنشاء المصرف ولذلك يصح باستعماله .

والاعتاد استعمال البلدوز الردم بعد إنشاء خطوط الصرف كوسيلة رخيصة، إلا في حالة عدم استعمال المواد المرشحة حول الوصلات وذلك خوفاً من زحاجة المراسير من مكانها وفي هذه الحالة يردم باليد بمقتار كانت فوق المراسير ثم يستعمل البلدوز لتسوية سطح التربة . ويفضل أن يجرى الأرض أولاً حتى يتم عمليات

الجزء فوق المصرف بمثابة وغرفا من انسداد المصارف نتيجة تسرب أى أربة مع المياه .

ويمكن إبقاء بدايات المصارف فترة دون دم بعد التنفيذ إذ كثيرا ما ينتج أن تسد مواسير الصرف بالأتربة مباشرة بعد ردمها ، وفي هذه الحالة يمكن إمرار مياه تحت ضغط كاف لتفصيل مثل هذه المصارف في هذه البدايات ، وإذا استمر المصرف في عمله عاما أكثر بعد إنشائه فإنه ناهرا حدوث انسداد به بفد ذلك .

وقد اتضح أنه من أسباب فشل شبكة الصرف المغطى في القيام بمهمتها الآن:

١ - نقص أو قلة الصيانة اللازمة والتفتيش على الشبكة بحالة مستمرة ،

٢ - التصميم الهندسى الغير سليم ،

٣ - سوء التنفيذ ،

٤ - سوء الصناعة والمواد المستعملة و

٥ - بناء التربة .

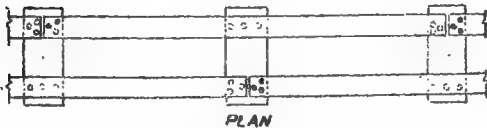
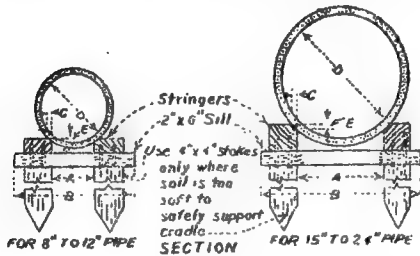
ثبات قاع المصرف تحت المواسير

Stability of Drainage bed.

لتفصيل خطوط الصرف ، مطابقة للمواصفات والتصميمات الهندسية ، يفضل دائما أن يكون مجرى الحفر جافا ثابتا كشرط لوضع مواسير المصارف المغطاة . إذ أن خروج أى وحدة من مكانها أو من تخطيطها أو من إندادها معناه فقد باقى خط الصرف لتساليته . وأسهل الطرق وأكثرها اقتصادا لتثبيت هى إضافة زلط تحت خط الانحدار مما قد يحتاج إلى زيادة الحفر في بعض الأوقات يتقاعدينفر - الزلط في المواد الناعمة في بعض الحالات . وعادة فإن الحفر حتى مقنوب القلتر

حول الراسير يكون كافيا . كذلك قد يكون خليط من الرمل والوط كافيا
لشئ .

وفي حالة عدم ثبات التربة تحت المواسير تستعمل ألواح خشبية حيث يثبت
اثنان متوازيان منها على بعد كاف بعوارض خشبية وخوازيق أو أوتاد كما هو



شكل ١٨٥ : تثبيت قاع للمصرف باستعمال الألواح الخشبية .

موضح بالشكل لمنع تفككها والمحافظة على المسافات بينها حيث يوضع المصرف
فوقها .

ويوصى باتباع الآتي في حالة الرمال الناعمة المشبعة بالمياه (Qujokaand) :

١ - تنفيذ المصارف أثناء أكثر الفصول جفافا ،

٢ - تستعمل اجود وأحسن أنواع المصارف كما تتبع أدق المواصفات
لانتقاء مواسيرها ،

٣ - تستعمل انحدارات أكبر من ٤,٠ ٪ ،

٤ - توضع خطوط المصارف بأسرع ما يمكن قبل السباح بهبوط أى أجواء بها،

٥ - يردم فرق المصارف مباشرة بالواط أو أى مواد خشنة و

٦ - يكمل الردم فوق المصارف قبل انتيار أى جزء من جوانب الخفر .

أسئلة على الباب الرابع

١ - اكل العبارة الآتية :

أ - تنفذ المصارف المنقطة سواء أو أو
و ... من أجل

ب - يتأثر سلوك ومنسوب الماء الأرضي في المساحات المروية ب
و كما يتأثران ب مثل و و و

٢ - قارن بين المصارف المنقطة والمكشوفة مبينا مزايا وعيوب كل نوع .

٣ - ماهي لأنواع المختلفة لمجاري ومواسير الري ؟

٤ - كيف تحددا أطوال وصلات مواسير حقل ما؟ وكيف تحدد الفواصل بينها؟

٥ - ماهي أنواع الاختبارات التي تجري على مواسير الصرف كي تؤدي عملها
على الوجه الأكمل ؟

٦ - من أين تدخل مياه الصرف إلى المصارف المنقطة وكيف تسير فيها؟

٧ - أذكر خمسة أنواع مختلفة من وصلات مواسير المصارف المنقطة ؟

٨ - ما فائدة تنظيف وصلات مواسير الصرف بمواد مرشحة ؟

٩ - اشرح احتياجات المرشحات .

١٠ - اشرح مع ذكر المعادلات اللازمة كيف تحدود حجم المرشحات؟ وماهي

المواد الساعمة كمرشحات في هر ؟

١١ - اكل العبارة الآتية :

يعتمد تخطيط المصارف المنقطة هل و ففي حالة الأراضي

الصودية يحسن أن حتى لا يسبب الضرر والردم وكذلك يعتمد وضع المعارف على وعلى

١٢ - ما هي الأعمال الواجب إجراؤها من أجل تنفيذ مشروع الصرف المنطى ؟

١٣ - أذكر ما تعرفه عن التخطيط المتقابل والتخطيط المتبادل للمعارف المنطاة ؟

١٤ - ارسم تخطيطاً طيبياً لشبكة من المعارف المنطاة في منطقة غير مستوية السطح .

١٥ - ماهو تخطيط هيكل السمكة للمعارف المنطاة ؟ وضع برسم تفصيل .

١٦ - متى تستعمل طريقة المجمعين وطريقة الشبكة لتخطيط المعارف المنطاة ؟

١٧ - أكل العبارات الآتية :

(أ) يفضل ألا تزيد أطوال الحفليات عن متر في الأراضي كما يجب ألا يتعدى طولها حتى وفي حالة الاضطرار إلى زيادة الطول إلى يعدل ميلها كما تعمل

(ب) يجب ألا يزيد طول المجمع الرئيسى عن وألا يزيد قطره رأسه عن حتى

(ج) يجب أن يبعد المجمع الرئيسى عن أقرب خط للأشجار

١٨ - ما فائدة المعارف القاطمة ومتى تستخدم ؟

١٩ - ارسم كروكيا لمنحنى اتصال بمصرف حتى قائم على مصرف - مجمع -

٢٠ - ضع علامة \checkmark (صحيح) أو \times (خطأ) أمام كل من العبارات الآتية :

- (أ) اتجاه سار المياه في النزع والمساقى متداد لمسار المياه في المصارف ،
(ب) من الضروري أن تكون المسافة بين الحفليات واحدة حتى إذا اختلفت طبيعة التربة ،
(ج) توضع المصارف في المناطق العالية بينما توضع مجارى الري في المناطق المنخفضة ،
(د) تعمل الحفليات بالمصرف المجمع بحيث تعمل زوايا منفرجة .
- ٢٩ - ماهى المخادق الرشاة ومتى تستعمل ولماذا ؟
٣٠ - أذكر بإيجاز كيف حسب وسلج ، وبمك أنصى حق الصرف . وحل أى أساس بنيا حساباتها ؟
٣١ - ماهو تأثير البخر على حق المصارف ؟ وضح برسم يأتى تقريبي .
٣٢ - ماهى أهم العوامل التى تؤثر على حركة المياه أو تدفقها إلى مواسير الصرف وبالتالي تؤثر على إيجاد المسافات بينها ؟
٣٣ - استنبط القانون التقريبي لتحديد المسافة بين المصارف مستعينا برسم كروكى .
٣٤ - أذكر أسماء عشرة علماء وباحثين درسوا المسافات بين المصارف للخطاة . وحل أى أساس كانت دراساتهم ؟
٣٥ - كيف تحدد تصرف مصرف ما أو معامل الصرف لمساحة ما بالطرق الآتية :
أ - طريقة وزارة الري المصرية ،
ب - مكتب الاستصلاح الأمريكى للتصرف من الرشع العميق ،
ج - طريقة مكتب الاستصلاح الأمريكى للتصرف من رشح مناطق مرتفعة مجاورة و

د - التصرف نتيجة مياه الري أو الأمطار مسببة ارتفاع الماء الأرضي .
٢٨ - وضع طريقتين لتحديد مساحة قطاع مصرف مجمع بالمعادلات وأخرى باستعمال نموذجام ورابعة باستعمال رسم بياني .

٢٩ - اشرح باختصار أربعة مأكينات تستعمل لإنشاء المصارف المنطاة .

٣٠ - ماهي موايا تنفيذ مواسير الصرف الأرموبلاستيك بالمأكينات ؟

٣١ - ماهي غرف التفطيش ومتى تستعمل ؟ اشرح برسم مفصل .

٣٢ - ارسم ستة رسومات توضيحية لبعض الأعمال الصناعية اللازمة لشبكة الصرف المنطى و اشرح بإيجاز فائدة وعمل كل منها .

٣٣ - ارسم ثلاثة أنواع لمسابات المصارف - متى يستعمل كل منها ؟

٣٤ - أكتب قانون بونسيلى لتحديد السرعة في الحفليات بمعرفة طول الحقل والفرق بين منسوب بدايته ونهايته .

٣٥ - ماذا ينبع بالنسبة للانحدار في الأراضي المنبسطة والأراضي ذات السطح المنحدر .

٣٦ - منع علامة \sim (صح) أو \times (خطأ) أمام كل عبارة من العبارات الآتية :

(أ) يوضع مصب الحقل أعلى من مبدئه بحوالى ٢٥ سم على الأقل في الأراضي المنبسطة ،

(ب) يجب أن يكون انحدار المجمعات تنازلياً أى يجب أن يقل الانحدار كلما زاد حجم المصرف و

(ج) يعطى أقل انحدار لمصارف الحقل في حالة التخطيط الطولي ويعطى أكبر انحدار في حالة التخطيط العرضي .

٢٦- أكل الميادات الآتية :

(أ) يراعى في جميع الانحذارات التي تبلغ أقل من / استهلاك فروع مستقيمة ،

(ب) أقل انحذارات في الأراضي الطينية المصارف قطر ٤ بوصة هو / ،

(ج) أقل انحذارات في الأراضي الرملية المصارف قطر ٤ بوصة هو / و

(د) أقل انحذارات المجسمات هو / للأقطار حتى ١٢ بوصة و / للأقطار من ١٢ بوصة وأكبر .

٢٨- ماهي مصروف الحفار وماهي مزاياها وعيوبها ؟

٢٩- يستمد عمر مصارف الحفار على ستة عوامل . أذكر أربعة منها .

٤٠- ارسم العلاقة بين تكاليف المصارف المنطقة الفدان الواحد والتكاليف

للمتر الطولي لكل مباحة ممتدة بينها .

٤١- ماذا يتبع عند تنفيذ ووضع المصارف المتظام ؟

٤٢- ماذا تعرف من نبات قاع المصرف تحت المواسم ؟

الباب الثامن

العرف الرأسى أو الأبلر

ملحمة :

في هذا الترح من العرف تنق مواسير رأسية - واحدة لكل ميل مربع تقريبا - حيث يركب عليها مضخات لتزح المياه الجوفية من باطن الأرض. ومن أعماق بعيدة معدة جيوط منسوب الماء الأرضى العالى . وتُصرف هذه المياه إلى المصارف العمومية إن لم يمكن الاستفادة منها في الري حيث أولوية استخدام مياه العرف للأراضى الآتية :

١ - الأراضى الرملية التى بها نسبة عالية من الملح ،

٢ - الأراضى التى تحتوى على نسبة عالية من أملاح الكسيوم كالجبس وكبريتات الجير و

٣ - الأراضى التى بها نسبة عالية من الأملاح والتي يراد استصلاحها .

والمعروف أن تكاليف العرف الرأسى قليلة في البداية إلا أنها عالية إذا سميت حل المدى الطويل ، ولذلك قد لا ينصح باستعمال العرف الرأسى إلا إذا كانت تكاليف العرف المنطقى عالية جدا ، أو إذا كانت المناطق المراد صرفها مهممة .
توصيلا إلى المصارف العمومية ، وبالتالي تكون تكاليف العرف الرأسى أرخص نسبيا من تكاليف العرف المنطقى . ويجب أن تكون طبقات التربة السفلى التى تنق إليها المواسير الرأسية مكونة من طبقات رمل أو زلط أو كلاهما معا .

وقد تكون الآبار في بعض الأحيان الوسيلة الوحيدة الميسورة للصرف ومثال ذلك في حالة وجود طبقات صماء حذلة تمنع الصرف السطحي وتمتد السطحي ، كما قد يضطر الأمر كثيرا إلى استعمال آبار التخفيف أو التفريج (Relief wells) كوسيلة ليس لها بديل للصرف .

الأغراض التي يحتفلها الصرف الأرضي :

- ١ - أغراض علاجية مؤداها خفض مستوى الماء الأرضي إذا كان مرتفعا ،
- ٢ - أغراض وقائية وتتمحور في المحافظة على مستوى الماء الأرضي عند حد معين في الأراضي ذات مستوى الماء الأرضي المنخفض و
- ٣ - التخلص من مياه الري الزائدة في فترة قصيرة قبل حدوث أى ضرر للنبات .

الشروط الواجب توافرها لاستخدام الصرف الأرضي :

١ - يجب أن يكون عمق غزان المياه الأرضية أو الطبقات الحاملة للمياه عميقة بدرجة كافية ومكونة من طبقات متجانسة بقدر الإمكان بحيث لا يقل هذا العمق عن ١٠ متر تقريبا ،

٢ - يجب أن تكون المسامية خلال الطبقات المراد صرفها كبيرة بدرجة تسمح بسرعة سحب المياه بواسطة الطبقات بمعنى أن يكون معامل الإمرار (T) (Transmissivity coefficient) حوالى ١٠٠ متر مربع في اليوم ، ومعامل الإمرار يساوى معامل التوصيل الهيدروليكي مضروبا في عمق الخزان الأرضي ،

٣ - يجب أن يكون منسوب المياه الأرضية في الطبقات العميقة حرا حتى لا يكون هناك أى حركة لاهل قد تزيد من تكاليف الرفع ، كما يجب أن تكون

المياه متصلة بالمياه الأرضية في الطبقات القريبة من سطح الأرض بمعنى عدم وجود طبقات ماء أرضى معلق (Perched water table) في الطبقات السطحية وإلا تدفق مواسير رأسية تصل بين المياه (آبار تحتية Down wells) ،

٤ - يجب ألا تنسحب التربة أو المياه في تآكل المواد المصنوع منها أجزء البئر وملحقاته ،

٥ - يجب دراسة مدى إمكان استعمال المياه للرى وللأغراض المدنية والصناعية الأخرى بجانب الصرف، وكذلك يجب دراسة مدى تداخل المياه المالحة وأثرها،

٦ - قدرة البئر على الاحتفاظ بسطح مناسب لمستوى الماء الأرضى يتوقف على التصميم من حيث العمق والقطر وطول المصافي وتصميم ووضع الفتحة الأولى حول البئر وتنظيم مجموعة الآبار و

٧ - كمية المياه المرفوعة بالطبقات ومدى تأثيرها على تآكل المياه من القنوات ومجارى المياه المجاورة وتكاليف الإنشاء والصيانة .

وبالنسبة للأراضى المصرية فإن الطبقة الرسوبية السطحية يصل سمكها من ثمانية أمتار إلى أحد عشر مترا، وهى ذات نفاذية بطيئة جدا يليها طبقات من الرمل والحصى عالية المسامية . وغالبا يتسبب ارتفاع منسوب مياه النيل خلفه التناثر والارتفاع في ارتفاع منسوب الماء الأرضى كما هو الحال في جنوب الدلتا وبعض المناطق بوايد النيل، لذلك فإنه لا شك أن الصرف الرأسى هو وسيلة نموذجية لكل هذه المساحات، لاسيما في المناطق التى يصعب توصيلها إلى المصارف العامة يحقق الصرف الرأسى المحافظة على مستوى الماء الأرضى عند المستوى المناسب،

كما أنه قد يحقق الحصول على مصدر هام من المياه الأرضية قد يصل إلى مليار متر مكعب تضع سنويا في البحر.

العوامل التي تؤثر على اقتصاديات الصرف الرأسي :

- ١ - اختيار الطلبات التي تفي باحتياجات خفض منسوب الماء الأرضي المطلوبة مع مراعاة العلاقة بين حجم وعدد الطلبات ،
- ٢ - تكاليف إنشاء الآبار ،
- ٣ - تحديد مدة إدارة الطلبات وتكاليف إدارتها ،
- ٤ - طريقة سداد تكاليف الإنشاء مع اعتبار الصيانة والتأمين واستغلال الطلبات و

٥ - احتمال استعمال المياه المرفوعة في الري مباشرة أو بعد خلطها بمياه ري سطحية أو مياه مصارف وحساب العائد من استعمال هذه المياه .

أنواع الآبار الرأسية

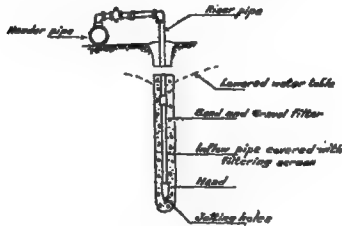
تنقسم الآبار الرأسية إلى الأنواع الآتية :

١ - آبار رأسية ترفع منها المياه بالطلبات :

وقد يصل العمق المطلوب رفع المياه منه إلى ١٠٠ متر أو أكثر حيث تعتمد على مسامية طبقات التربة المختلفة التي تتسرب منها المياه إلى البئر . وعادة تكون جميع هذه الطبقات - وحتى قرب سطح الأرض - مشبعة بالمياه المراد التخلص منها بالصرف ، ويوضع بئر لكل ميل مربع تقريبا ، وقد تستخدم مياه الصرف للري إذا كان نوع هذه المياه صالحا وقد تخلط بمياه أكثر عذوبة . ويمكن تقسيم هذه الآبار حسب عمقها كالآتي :

١ - آبار غير عميقة (Well Points) :

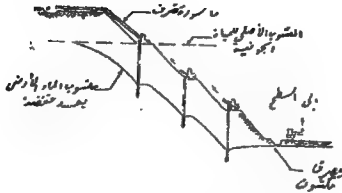
وبها يمكن خفض مستوى الماء الأرضي إلى عمق من ٥ إلى ١٠ متر في منطقة البئر . ويتكون البئر من أنبوبة ذات تقارب بطول حوالي متر وقطر ١ ½ بوصة . وهذه الأنبوبة مغطاة بشبكة معدنية لمنع دخول حبيبات التربة إلى البئر وتوصل



شكل ١٨٦ : تفاصيل تركيب البئر العميق.

هذه الأنبوبة بماسورة رأسية قطرها ١ ½ - ٢ بوصة تسمى الماسورة الرافعة (Riser pipe) حيث توصل الأخيرة بأخرى أفقية كي توصل بالزأس (Header pipe) ذات قطر ٦ - ١٠ بوصة ، حيث توصل بمضخة لسحب المياه .

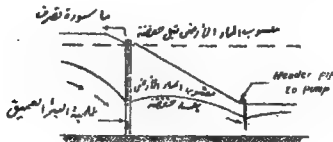
وإذا زاد عمق الحفر عن ٥ متر تحت منسوب الماء الأرضي فإنه يمكن تنفيذ هذا النوع من الآبار على عدة مراحل حيث يثق البئر في الأرض قبل حفر الخسبة أمتار التالية ، لاسيما في حالات انحدار سطح الأرض كثيرا كما هو موضح بالشكل . وتسمى هذه الطريقة آبار ذات عدة مراحل (Multiple-stage setup) .



شكل ١٨٧ : آبار غير عميقة متعددة المراحل .

٢ - آبار عميقة (Deep wells) :

كثيرا ما تؤدي طريقة الآبار ذات عدة مراحل إلى انهيار جدران البئر أو هدم ثباتها في حالة منسوب الماء الأرضي العميقة نتيجة وجود ميل هيدروليكي كبير قرب البئر ، لذلك يفضل عمل آبار أكبر قطرا أو بئرة بطلبات خاصة بالأحماق الكبيرة كما في الشكل :



شكل ١٨٨ : بئر عميق .

وتتكون هذه الآبار من مواسير مخزومة يتراوح قطرها من ٢٤ - ٢٨ بوصة توضع في الطبقات المسامية للتربة وتوصل بمواسير رأسية عادية في الطبقات العليا

حتى سطح الأرض ، ويركب على هذه الآبار طلبات إما فوق سطح الأرض وإما قرب قاع البئر ، وتصرف هذه الآبار قد يجب في نظام الري لاستعمال المياه للري أو قد ياتي للتخلص منها نهائيا ، وتنفا هذه الآبار في وجود خوانات جوفية كبيرة السمك وحيث تأثير البئر فعال .

ب - آبار تغذية (Down wells) :

وهي آبار لنقل المياه من الطبقات الأرضية القريبة من سطح الأرض إلى خزان المياه الأرضية تحتها الذي ترتفع منه المياه بالمضخات . وتستخدم لهذا الغرض مواسير مخزومة بكامل طولها . وقد استعملت هذه الآبار بمنطقة تزرك (Turlock) في كاليفورنيا .

٢ - آبار الشحن (Recharge wells) أو الآبار القلوية (Inverted wells):

وفيها تلقى المياه من المصارف المختلفة الحجم إلى طبقات عميقة نفاذة يفصلها عن الطبقات السطحية أخرى ذات نفاذية أقل أو غير نفاذة (Aquiclude) ، ولا بد للطبقات النفاذة أن تقبل كميات المياه التي ستلقى بالبئر ، إما بنزولها فيها أو بحملها إلى مصبات بعيدة . ومثال ذلك طبقات البازلت المكسر أو الحجر الجيري ذو التجويفات الكبيرة أو طبقات الرمل الحرش والزلط المحسرة النفاذة . ومن الضروري إزالة أي مواد معلقة من مياه الصرف قبل دخولها البئر حتى لا تسد مسام طبقات خزان المياه قرب مصافي البئر وبالتالي تقلل تدريجيا من فعاليته . ولذلك فإن عمر البئر يقاسب مع كمية المواد المعلقة . كذلك يجب التأكد أن الصرف بهذه الطريقة لن يؤدي إلى ارتفاع كبير أو سريع لمستوى الماء الأرض . ولا تكفي هذه الآبار للصرف بل هو مجرد وسيلة للتخلص من مياه الصرف . وقد استعملت هذه الآبار في مشروع مينيدوكا (Minidoka) بولاية أيداهو

(Idaho) بالولايات المتحدة حيث تنقل المصارف مياه الصرف إلى الآبار التي تنقلها بالنقل إلى الطبقات المسامية (Underlying porous lava rocks).

د - آبار تخفيف أو ترويق (Relief wells):

وتنشأ إذا كانت الطبقات الحاملة للمياه الارتوازية قريبة من سطح الأرض ومحصورة بين طبقات بطيئة النفاذية جداً. وفي هذه الطريقة تنقل الآبار لتوصيل مخزونات هذه المياه تحت الضغط الارتوازي - المنخفض عادة - إلى المصارف العامة كما هو في وادي نهر ريو جراندي بتكساس ومنطقة توين فولز (Twin Falls) بولاية أيداهو. وقد تنشأ أنفاق أفقية تقريباً خلال الطبقات الحاملة للمياه الارتوازية، ثم تنقل الآبار حتى تصل إلى هذه الأنفاق بعمق قد يصل إلى ٧٥ متر ثم توصل هذه الآبار بالمصارف العامة كما سبق ذكره. وقد يدعو إزالة هذه المياه إلى عمل آبار متقاربة للحد الذي قد يهدم اقتصاديات مشروع الصرف إن لم تستغل المياه للرعى، مما يدعو إلى دراسة وبحث دقيقين لتحدد الضغوط وتحديد مواقعها ومقدار انخفاضها ومداهما والتحرى عن ذلك جيداً.

هـ - آبار بياكية (Weeping wells):

وتنشأ إذا كانت الطبقات الحاملة للمياه الارتوازية على أعماق بعيدة ولكنها عالية المسامية بالنسبة للطبقات التي تعلوها وأقلية المسامية. ويساعد على رفع المياه من هذه الآبار طلبات إذا لم يكن الضغط الارتوازي بالقدر الكافي لتوصيلها إلى سطح الأرض أو أكبر من عمق هذه المياه. وهي تشبه إلى حد كبير الآبار التي ذكرت تحت (أ) غير أن عمق الرفع منها أقل. وقد يزيد الضغط الارتوازي للدرجة التي يمكن معها الاستغناء عن الطلبات كما في وادي كاش (Cache) بأيداهو.

قواعد احتياجات تصميم آبار الصرف :

يلزم لهذه الدراسة :

- ١ - تحديد أقل عمق لمسحب المياه الأرضية يفيى الاحتفاظ به أثناء نمو النبات ،
- ٢ - الزمن اللازم لمبوط ، منسوب المياه إلى العمق المطلوب ،
- ٣ - المدة التي يظل خلالها منسوب المياه الأرضية أعلا من الحد الأدنى للعمق المحدد للصرف ،
- ٤ - عدد وترتيب مجموعات الآبار ،
- ٥ - عمق البئر وقطره و
- ٦ - خواص الطبقات الحاملة للمياه الأرضية وأبعادها وعمقها .

وعادة تجرى بعض التجارب على آبار تجريبية داخل منطقة الدراسة لتقدير درجة تأثير بئر واحد - بعيدا عن تأثير الآبار المجاورة - على مناسيب المياه الأرضية والسطحية ، مع العناية بتقدير التقلبات الموسمية لمنسوب المياه السطحية والتأثير المحلى لكل رية عليها ، ثم تقدير الفترات التي يلزم فيها استخدام الطبقات ، ثم يلى ذلك محاولة إيجاد الحلول التحليلية أو البيانية في حالات التدفق المنتظم وغير المنتظم .

تقسيم الخزانات الأرضية :

تقسم خزانات المياه الأرضية من حيث طريقة استغلالها إلى :

طريقة متفرقة : حيث يعتمد عليها كلية الري كما هو في كاليفورنيا بأمریکا والواحات المصرية بالصحراء الغربية و

طريقة مزهوجة : حيث تساعد خزانات المياه مجارى المياه السطحية كما هو
في دلتا النيل .

كذلك تنقسم خزانات المياه الأرضية من حيث جيولوجيتها إلى :
خزانات مغلقة أو محدودة أو محصورة وخزانات مفتوحة أو غير محصورة
وخزانات شبه مغلقة أو نصف مغلقة أو نصف محصورة .
وتنحصر إمكانيات الخزانات الجوفية لإمداد المياه بأمان وبصفة مستمرة
في الآتي :

١ - اعتبار الخزان مجرى مائي يسير فيه تصرف محدد يمكن سحب تصرفات
معينة منه، وهي التي تمر في هذا الخزان من مواقع التغذية إلى مواقع المصبات وهنا
يجب سحب التصرفات التي غالباً ما تذهب سدى إلى البحر .

٢ - في حالة الخزانات الجوفية المفتوحة تستغل الدورة الطبيعية للبل والتفريغ
بين أوطى وأعلى منسوب في هذا الخزان كأى خزان مياه سطحي، ويمكن زيادة
سعة الخزان بالطرق الصناعية كما في الأطراف الصحراوية من خزان دلتا
النيل الجوفى و

٣ - في حالة الخزانات المنغلقة أو شبه المنغلقة فإن كليات المياه به تزيد عن
التصرف الطبيعي المسار خلال مسامه وتحدد بعد دراسة قابليته للمرونة
(Elasticity).

العلاقات بين منسوب الماء الأرضي وتصرف البئر ومعامل التوصيل الهيدروليكي

أولاً - حالة خزان أرضي محدود أو مغلق أو محبوس (Confined aquifer) :
يقصد بالخزان الأرضي المحدود الخزان الذي فيه للمياه الأرضية ليس لها سطح حر ، وفي هذه الحالة تكون المياه محكومة بوجود ضاغط هيدروليكي (Hydraulic head) وتكون جميع حدود الخزان إما خطوط انسياب المياه (Stream lines) أو خطوط متساوية الجهد (Equipotential lines) ولا يمكن تصريف البئر في هذه الحالة فإنه يمكن اعتبار أن سطح المياه إلى البئر في خطوط قطرية (Radial flow) كما هو واضح بالشكل ١٨٩ . ويمكن الحصول على تصرف البئر بمتابعة المعادلات الآتية :

كمية المياه التي تتفرق أسطوانة ذات نصف قطر (r) وارتفاع يساوى الوحدة = Q_1

$$= \text{المساحة} \times \text{السرعة} = Q_1$$

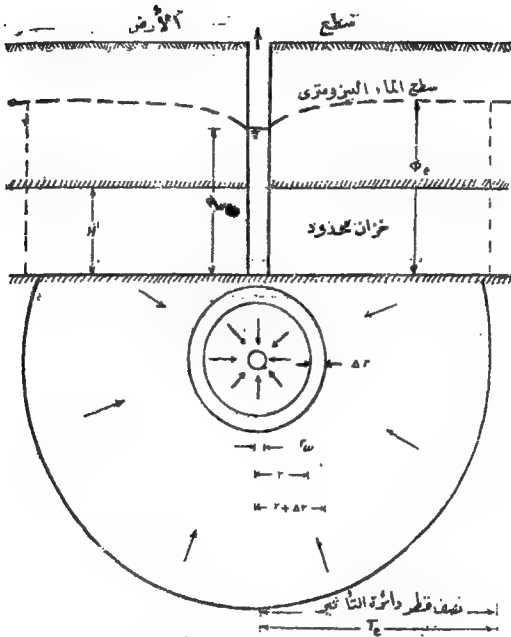
$$= \text{محيط الدائرة} \times \text{الارتفاع} \times \text{السرعة} .$$

أى أن :

$$Q_1 = 2\pi r \times 1 \times V_r = 2\pi r V_r \quad [140]$$

بينما كمية المياه التي تتفرق الأسطوانة ذات نصف قطر يساوى (r + Δr) وارتفاع يساوى الوحدة هي Q_2 :

$$Q_2 = 2\pi (r + \Delta r) \cdot V_{r+\Delta r} \quad [141]$$



شكل ١٨٩: البيزودائرة تأثيره في حالة خزان أرض محدود.

وذلك باعتبار أن السرعة عند الأسطوانة ذات نصف قطر $(r + \Delta r)$ تساوى $(V_r + \Delta r)$ ولكن :

$$V_{r+\Delta r} = V_r + \frac{dV_r}{dr} \cdot \Delta r \quad [142]$$

وبذلك تصبح المعادلة ١٤١ :

$$Q_2 = 2\pi(r + \Delta r) (V_r + \frac{dV_r}{dr} \cdot \Delta r) \quad [143]$$

ولكن كمية المياه (Q_2) المارة من الأسطوانة ذات نصف قطر r هى نفس كمية المياه (Q_1) المارة من الأسطوانة ذات نصف قطر $(r + \Delta r)$ تساوى (Q) :

$$\begin{aligned} \therefore Q &= 2\pi r V_r = 2\pi(r + \Delta r) (V_r + \frac{dV_r}{dr} \cdot \Delta r) \\ &= 2\pi r V_r + 2\pi \cdot \Delta r \cdot V_r + 2\pi r \Delta r \frac{dV_r}{dr} \\ &\quad + 2\pi (\Delta r)^2 \frac{dV_r}{dr} \end{aligned} \quad [144]$$

أى أن :

$$2\pi \cdot \Delta r (V_r + \frac{dV_r}{dr} \cdot \Delta r) = 0$$

أو

$$V_r + r \frac{dV_r}{dr} + \Delta r \frac{dV_r}{dr} = 0 \quad [145]$$

والكن الكنية $(\Delta r \frac{dV_r}{dr})$ ضئيلة جداً ويمكن إهمالها

$$\therefore V_r + r \frac{dV_r}{dr} = 0 = \frac{d(r \cdot V_r)}{dr} \quad [146]$$

ومن قانون دارسي (أنظر الشكل) :

$$V = K \cdot i = K \frac{d\phi}{dr} \quad [147]$$

$$\therefore \frac{d(r \cdot K \frac{d\phi}{dr})}{dr} = 0$$

$$= K \cdot \frac{d(r \frac{d\phi}{dr})}{dr} = 0$$

أو

$$\frac{d(r \frac{d\phi}{dr})}{dr} = 0 \quad [148]$$

ومن ذلك يكون :

$$d(r \frac{d\phi}{dr}) = dr \times 0 = 0 \quad [149]$$

وبإجراء التكامل للمعادلة الأخيرة نجد أن :

$$r \frac{d\phi}{dr} = \text{constant} = C$$

أو

$$d\phi = C \cdot \frac{dr}{r} \quad [150]$$

وبإجراء التكامل نأخذ :

$$\int d\phi = \int C \frac{dr}{r}$$

أي أنه :

$$\phi = C \ln r + D \quad [151]$$

حيث (D) مقدار ثابت آخر.

ولتحديد قيمتي (C ، D) نعرض في المادة ١٥١ كالتالي :

عندما تكون :

$$r = r_w$$

فإن :

$$\phi = \phi_w$$

كما هو واضح بالشكل .

$$\therefore \phi_w = C \ln r_w + D \quad [152]$$

كذلك عندما تكون :

$$r = r_o$$

فإن :

$$\phi = \phi_e$$

$$\phi_o = C \ln r_o + D \quad [153]$$

نطبق المادة ١٥٢ من المادة ١٥٢ :

$$\phi_o - \phi_w = C (\ln r_o - \ln r_w) = C \ln (r_o / r_w)$$

ومن هنا :

$$C = \frac{\phi_o - \phi_w}{\ln (r_o / r_w)} \quad [154]$$

وبالتعويض عن قيمة (C) في المادة ١٥٢ :

$$\phi_w = \left\{ \frac{\phi_o - \phi_w}{\ln (r_o / r_w)} \right\} \ln r_w + D$$

ومن هنا :

$$D = \phi_w - \left\{ \frac{\phi_o - \phi_w}{\ln (r_o / r_w)} \right\} \ln r_w \quad [155]$$

وبالتعويض عن قيمتي (D ، C) في المادة ١٥١ فإن :

$$\begin{aligned} \phi &= \left\{ \frac{\phi_o - \phi_w}{\ln (r_o / r_w)} \right\} \ln r + \phi_w - \left\{ \frac{\phi_o - \phi_w}{\ln (r_o / r_w)} \right\} \ln r_w \\ &= \left\{ \frac{\phi_o - \phi_w}{\ln (r_o / r_w)} \right\} (\ln r - \ln r_w) + \phi_w \end{aligned} \quad [156]$$

$$= \left(\frac{\phi_o - \phi_w}{\ln (r_o / r_w)} \right) (\ln r / r_w) + \phi_w \quad [157]$$

ويجرى التفاضل بالنسبة لـ (r) لمادة ١٥٦ :

$$\frac{d\phi}{dr} = \left(\frac{\phi_o - \phi_w}{\ln(r_o/r_w)} \right) \cdot \frac{1}{r} - 0 + 0 \quad [158]$$

وبالتعويض عن قيمة $\frac{d\phi}{dr}$ في المعادلة ١٤٧ :

$$V = K \frac{d\phi}{dr} = K \left(\frac{\phi_o - \phi_w}{\ln(r_o/r_w)} \right) \cdot \frac{1}{r} \quad [159]$$

ومن المعادلة ١٥٩ يمكن إيجاد (V_w) كالآتي :

$$V_w = K \left(\frac{\phi_o - \phi_w}{\ln(r_o/r_w)} \right) \frac{1}{r_w} \quad [160]$$

وبالتالي يمكن إيجاد قيمة (Q) أي تصرف البئر لوحدة الارتفاع كالآتي :

$$Q = 2\pi r_w V_w = 2\pi \left(\frac{\phi_o - \phi_w}{\ln(r_o/r_w)} \right) \quad [161]$$

كذلك يمكن إيجاد تصرف في البئر الخزان الأرضي المحدود (Q_T) وهو كالآتي
يفرض أن عمق الخزان الأرضي (H) :

$$Q_T = 2\pi K H \left(\frac{\phi_o - \phi_w}{\ln(r_o/r_w)} \right) \quad [162]$$

ويراجى ملاحظة محل تقاطع وأسية بالطبقة العليا لتوصيلها بالطبقة السفلى
العالية المسامية وملء حجمه بالتقريب بممراد عالية المسامية مثل الزلط، وذلك لتوصيل
المياه الأرضية في الطبقة العليا بالماء في الخزان المحدود .

١- ويمكن تحديد معامل التوصيل الهيدوليكي للطبقات الحاملة للمياه في هذه الحالة كما هو مبين في المثال الآتي:

إذا فرض أن:

$$Q_T = ٣٧٥٠.٠٠ \text{ م}^3/\text{ساعة}$$

$$\phi_w - \phi_o = ٦٢٥ \text{ متر}$$

$$H = ٣٧١٠ \text{ متر}$$

$$r = ٥٠٠.٠٠ \text{ متر}$$

$$r_w = ٠.١٥ \text{ متر}$$

$$\frac{٣٧١٠ \times ٦٢٥ \times K \times ٣١٤٢ \times ٢}{\frac{٥٠٠}{٠.١٥} \times ٢.٣٠٢} = ٢٤ \times ٧٥٠$$

$$\frac{٣٥٠٢٢ \times ٢.٣٠٢ \times ٢٤ \times ٧٥٠}{٣٧١٠ \times ٦٢٥ \times ٣١٤٢ \times ٢} = K \text{ أي أن}$$

$$= ١٠٠ \text{ متر/م}^2$$

ويمكن تصحيح قيمة K بطريقة موسكات (Muskat) إذا كان البئر يخترق الطبقات الحاملة للمياه جزئياً (Partial Penetration) كما سيأتي ذكره.

ب- معادلة تود (Todd) في حالة اختراق البئر جزئياً للغزان الجولي:

$$Q = \frac{4\pi(\phi_o - \phi_w) K}{\left(\frac{2}{t} \ln \frac{\pi t}{2 r_w} + \frac{0.20}{H}\right)} \quad [169]$$

حيث:

H : السمك الكلى للخزان المحصور و

t : طول المصافي المخترقة للخزان .

ثانياً - حالة خزان ارضي مفتوح او غير محدود

: (Open or Unconfined Aquifer)

ويقصد بالخزان الغير محصور الخزان الذى يحده من أعلى سطح مائى حر .
ونتناول الآن دراسة حالة انتظام توافد تدفق المياه أو انسيابها (Steady flow)
بمعنى أن تدفق المياه لا يتغير مع الزمن :

يفترض ديبوى (Dupuit) أنه من الممكن اعتبار أن سير المياه أفقى الاتجاه
وأن السرعة تتناسب طردياً مع الميل الهيدروليكي (Hydraulic gradient) .
كمية المياه التى تخترق أسطوانة ذات نصف قطر (r) وارتفاع (dh) هى :

$$Q = 2\pi r \cdot h \times V \quad [164]$$

= السرعة × مساحة محيط الأسطوانة =

ولكن السرعة حسب قانون دارسى :

$$V = K \frac{dh}{dr}$$

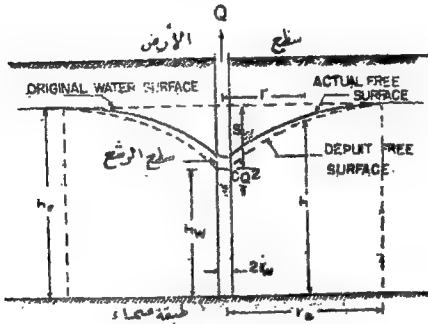
$$\therefore Q = 2\pi r h \cdot K \cdot \frac{dh}{dr} \quad [165]$$

وبفصل المتغيرات التى تحتوى على r :

$$\frac{dr}{r} = \frac{2\pi K}{Q} h dh \quad [166]$$

وباجراء التكامل للمعادلة ١٦٦ :

$$\int_{r_w}^r \frac{dr}{r} = \frac{2\pi K}{Q} \int_{h_w}^{h_o} h dh$$



شكل ١٩٠ : بئر في خزان أرضي غير محدود .

$$\ln (r_o/r_w) = \frac{2\pi K}{Q} \left(\frac{h_o^2}{2} - \frac{h_w^2}{2} \right) = \frac{\pi K}{Q} (h_o^2 - h_w^2)$$

وضعا :

$$Q = \frac{\pi K (h_o^2 - h_w^2)}{\ln (r_o/r_w)}$$

$$= \frac{\pi K (h_o^2 - h_w^2)}{2.303 \log (r_o/r_w)}$$

[167]

وبالتعويض عن المربوط الكلى لسطح المياه داخل البئر :

$$S_w = h_o - h_w \quad [168]$$

فإن المعادلة تصبح :

$$Q = \frac{\pi K S_w (h_o + h_w)}{2.303 \log (r_o / r_w)} \quad [169]$$

ومن جهة أخرى فإن (S_w) تتكون من مجموع القوائد (Losses) في الطبقة الحاملة للياه (S_{wa}) وتشمل ارتفاع سطح الرشع معطافاً إليها القوائد داخل البئر (S_{ww}) أى أن :

$$S_w = S_{wa} + S_{ww} \quad [170]$$

وحسب القواعد الهيدروديناميكية للمياه الأرضية التى تعتبر أن حركة المياه في الطبقات الأرضية الحاملة للياه تخضع للحركة الانسيابية أو حركة السوائل الزوجة (Laminar or viscous flow)، ولذلك فإن القوائد في الطبقات الحاملة للترية (S_{wa}) تتناسب مباشرة مع التصرف، وبذلك يكون مبطوط سطح المياه متناسبة مع التصرف كذلك .

أما حركة المياه حول البئر مباشرة فداخلها فإنها حسب القواعد الهيدروديناميكية من النوع المضطرب بالحركة العوامية (Turbulent flow) . ولذلك فإن القوائد في حركة المياه حول البئر مباشرة تتناسب مع مربع التصرف أو أكثر من ذلك .

١- وتحتوى القوائد البئر عادة الآن :

(١) فواقد نتيجة مرور المياه خلال الغلاف العلوى للبئر ،

(٢) فواقد نتيجة مرور المياه خلال فتحات المواسير المخزومة أى بخلال مصافي البئر ،

(٣) فواقد نتيجة احتكاك المياه بطول جدار البئر أثناء حركة المياه أعلا و

(٤) فواقد نتيجة حركة المياه فى اتجاه محور البئر (Axial flow) فى حالة السحب من البئر بواسطة طلمبات الأعماق، أو فى اتجاه المركز (Radial flow) فى حالة السحب بالطلمبات الفاعسة وذلك فى النحوص (Clearance) بين الطلمبة وجدار البئر . وعلى ذلك فإن :

$$S = S_{wa} + S_{ww}$$

$$= B \cdot Q + C \cdot Q^2 \quad [17]$$

حيث :

B ، C مقادير ثابتة .

ولذلك نجد أنه فى حالة التصرفات الصغيرة نسبيا يرتبط التصرف المسحوب من البئر بمعادلة من الدرجة الأولى (خط مستقيم) مع الهبوط فى مستوى المياه ، فى حين يبدو فى التصرفات الكبيرة نسبيا أن الهبوط فى مستوى المياه بالبئر يزداد عما سبق ذكره نتيجة لهبوط إضافى يشهد أثره فى التصرفات الكبيرة، ويرتبط فيه التصرف مع الهبوط بمعادلة من الدرجة الثانية (قطع مكافئ Parabola) أو من درجة أعلى من ذلك .

وتسمى حدود التصرفات للآبار التى يظل فيها التصرف متناسبا مع الهبوط فى سطح المياه بها بالطاقة المرنة (Elastic limit) للطبقات الحاملة للمياه .

ويمكن حساب معامل التوصيل الهيدروليكي (K) من المعادلة ١٦٩ كما هو واضح بالمثال الآتي ليتر رقم ٢٦ بصحراء التحرير في ج.ع.م.:

$$Q = ٧٤٢ \text{ م}^٣/\text{ساعة} ،$$

$$h_o = ٥٠.٤٢ \text{ متر} ،$$

$$r_o = ٥٠٠ \text{ متر (فرضا)} ،$$

$$S_w = h - h_w = ٤٢٥ \text{ متر} ،$$

$$h_w = ٤٥٩٧ \text{ مترو}$$

$$r_w = ٢٢٥ \text{ متر}$$

$$\frac{Q \times 2.303 \log (r_o / r_w)}{\pi S_w (r_o + h_w)} = K \quad [172]$$

$$\frac{٢,٢٤٧ \times ٢.٣٠٣ \times ٢٤ \times ٧٤٢}{(٤٥,٩٧ + ٢٠,٢٢) ٤٠٢٥ \times ٣,١٤٢} =$$

$$= ١٠٧ \text{ م}^٢/\text{م}.$$

وهذا الحساب مبني على أساس وجود سطح الطبقة الصماء عند أسفل البئر .

ولما كانت الآبار في معظم الاحوال لا تغترق التربة حتى قاع خزان المياه الجوفية أى يكون اختراقها للخزان الجوفي جزئيا (Partial Penetration) فمن

الضرورى تصحيح (K) كالآتي :

ب - تصحيح (K) بطريقة فوشهايمر :

$$\frac{h_o'^2 - h_w'^2}{h_o'^2 - h_w'^2} = \sqrt{\frac{h_w}{t}} \sqrt{\frac{h_w}{2h_w - t}} \quad [173]$$

حيث ϵ

$h = h'_0 =$ سمك الخزانات الجوفى أو سمك الطبقات الحاملة للبياء حتى الطبقة الصماء ،

$h_w = h_0 - S_w =$ عمق الماء بالبئر بعد السحب فى حالة اختراق البئر كليا للخزان الجوفى حتى الطبقة الصماء ،

$h'_w =$ عمق المياه بالبئر بعد السحب فى حالة اختراق البئر جزئياً للخزان الجوفى حتى الطبقة الصماء. وهى المطلوب حسابها بالمعادلة ١٧٢ ،

r_0 : نصف قطر الدائرة الخارجية لتأثير السحب من البئر وتحتسب على أساس أنها أربعة مرات h_0 و

ϵ : سمك أو طول الفلتر أى اللواصير المنخرمة من البئر .

وفى المثال السابق إذا أخذنا طول اللواصير الفلتر يساوى ٣٠ متر وأخذنا سمك الخزان الجوفى يساوى ٢٥٠ متر فإن :

$$h_0 = r_0 = 4 \times 250 = 1000 \text{ متر}$$

$$\frac{1(1320-250) - 1(250)}{1(h'_w) - 1(250)}$$

$$\left(\frac{1320-250}{1320-250} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{1320-250}{250} \right)^{\frac{1}{2}} =$$

$$\text{أو } 2.288 \times 2.806 = \frac{1.3937.6 - 12500}{1(h'_w) - 12500}$$

$$٦١٦٤١ = \frac{٢١٠٦٨٤}{٠.٨٥٥ \times ٢.٨٨} - ٦٢٥٠٠ = V(h'_w)$$

ويمكن $h'_w = ٢٤٨٧$ متر

أى أن الهبوط $= ١.٨$ متر

وبذلك تكون:

$$\frac{\frac{١٠٠٠}{٠.٢٢٥} \times ٢.٧٢ \times ٢٤ \times ٧٢٢}{(٢٤٨٦ + ٢٥٠) ١.٨ \times ٢.١٤٧} = K$$

$$= ٥٤ \text{ متر/م}$$

$$\text{لو } \frac{١٠٠٠}{٠.٢٢٥} = (٣.٦٤٨)$$

٢ - تصحيح (K) بطريقة موسكات :

وتنحصر في الآتي :

(١) توجد النسبة المئوية لاختراق البئر للطبقة الحاملة ،

(٢) نفترض أن البئر كامل الاختراق لطبقة حاملة للياه سمكها يساوى عمق

البئر وتوجد التصرف له مقدرا بالآلاف برميل في اليوم (١ برميل = ١٥٨.٩٨

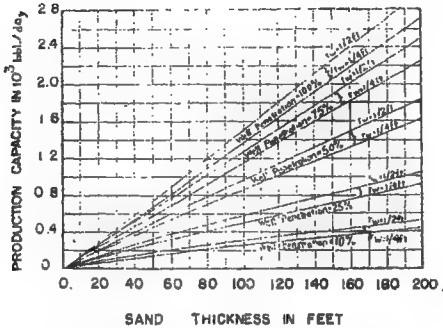
$$\times ١٠^٣ \text{ سم}^٣ = ٥.٦١٤٦ \text{ قدم مكعب} = ٤٢ \text{ جالون}) ،$$

(٣) نحصل من منحنيات موسكات على تصرف بئر ذو نسبة اختراق مساوية

للك التي حسبته في (١) لطبقة حاملة للياه سمكها كامل .

$$(٤) \text{ نحسب معامل تصحيح الفاذية } = \frac{(٢)}{(٣)} \text{ و}$$

(٥) نحسب معامل التوصيل الهيدروليكي مصححاً بضرب معامل التوصيل الهيدروليكي الذي حصلنا عليه من المعادلة ١٧٢ مضروباً في معامل تصحيح النفاذية.



شكل ١٩١ : تصرف الآبار المنقورة جزئياً للطبقات الحاملة المياه
كدالة لسمك الخزان مع اعتبار $r_e = 500$ ft.

٢ - حساب (K) بطريقة تود (Todd) :

من معادلة تود الآتية في حالة الآبار ذات الاختراق الجزئي الخزانات الجوفية المفتوحة أو غير المحدودة والتي تأخذ في الاعتبار أطوال المصافي :

$$h_e - h_w = \frac{Q}{4\pi K} \left(\frac{2}{t} \ln \frac{\pi t}{2r_w} + \frac{0.20}{h_e} \right) \quad [174]$$

ويجانب المثال السابق نجد أن :

$$٢,٢٢ \times \frac{٢}{٢,٠} \frac{٧٤٢ \times ٢٤}{K \times ٢,١٤٢ \times ٤} = ٢٤٥,٧٥ - ٢٥٠ = S_w$$

$$\left(\frac{٠,٢}{٢,٥٠} + \frac{٢,٠ \times ٢,١٤٢}{٠,٢٢٥ \times ٢} \right) J$$

$$\left(٠,٠٠٨ + \frac{٢,٢٢٢ \times ٢,٢٠٢ \times ٢}{٢,٠} \right) \frac{١٧٨٠٠}{K \times ١٢,٥٦٨} = ٤,٧٥$$

$$م/م ١٢٠ = (٠,٠٠٨ + ٠,٢٥٥) \frac{١٧٨٠٠}{٤,٧٥ \times ١٢,٥٦٨} = K$$

• - حساب (K) بطريقة بابوشكين (Babushkin):

وهي قاصرة على الخزانات المفتوحة:

$$K = \frac{0.733 Q}{S_w \left(\frac{t + S_w}{\log(r_o/r_w)} + \frac{t}{\log(0.66 t / r_w)} \right)} \quad [175]$$

ويعطى المثال نجد أن:

$$\frac{٧٤ \times ٧٤٢ \times ٠,٧٣٣}{٢,٠} = K$$

$$\left(\frac{٢,٠ \times ٠,١٦}{٠,٢٢٥} \right) J + \left(\frac{٤,٢٥ + ٢,٠}{٠,٢٢٥} \right) J \quad ٤,٧٥$$

$$\frac{٧٤ \times ٧٤٢ \times ٠,٧٣٣}{\left(\frac{٢,٠}{١,٩٤٤} + \frac{٢٤,٢٥}{٢,٢٤٧} \right) ٤,٧٥} =$$

$$\frac{٧٤ \times ٧٤٢ \times ١٧٣٣}{(١٥١٤ + ٩١٩) ٤١٢٨} =$$

$$= ١٧٢ \text{ متر / يوم}$$

والآن نقول حالة عدم انتظام أو عدم ثبات انسياب المياه (Unsteady flow) :
 لما كان سحب المياه من أى بئر يمتد إلى مسافات بعيدة من البئر مع مرور
 الزمن ومع استمرار السحب ، لذلك فإن معدل انحدار خط الضغط الهيدروليكي
 يتغير باستمرار أى أن $(\frac{dh}{dr})$ أو $(\frac{d\phi}{dr})$ تتغير مع الزمن وكذلك استقطب
 ثايس (Theis) معادلة تسمى قانون عدم التوازن (Nonequilibrium formula)
 وهى :

$$S = h_o - h_w = \frac{Q}{4\pi T} \int_{\mu}^{\infty} \frac{e^{-\mu} d\mu}{\mu} \quad [176]$$

حيث :-

S : مقدار الهبوط في سطح المياه في بئر ملاحظة بعد مسافة (r) عن البئر
 المطلوب حساب تصرفه بمعدل ثابت يساوى (Q) في حالة خزان غير محدود ؛
 وتساوى الفرق بين منسوب البئر ومنسوب الماء الأرضى أو السطح البيرومترى
 في حالة خزان محدود ،

Q : التصرف الثابت للبئر و

T : معامل الإمرار (Coefficient of transmissibility)

أو (transmissivity)

وتساوى معامل التوصيل الهيدروليكي مضروباً في عمق الخزان الأرضى ،

$$\mu = \frac{r^2 \bar{S}}{4Tt} \quad [177]$$

حيث :

\bar{S} : معامل التخزين (Storage coefficient or storativity) وهو حجم المياه التي تنساب من خزان غير محدود أو التي يخزنها هذا الخزان لمساحة قدرها الوحدة من مساحة وتغير في الضغط العمودي على هذا السطح قدره الواحد. وتساوى (\bar{S}) حجم المياه بالقدم المكعب ، التي تنساب من الخزان إذا كان السطح البيرومترى ذو انحدار يساوى قدم واحد . وتكون قيم \bar{S} عادة :

$$0.00005 \leq \bar{S} \leq 0.005$$

t : الزمن منذ بداية ضخ أو تصريف البئر .

ولحل المعادلة ١٧٦ فإن :

$$S = h_o - h_w = \frac{Q}{4\pi T} \left(-0.6772 - \ln \mu + \mu - \frac{\mu^2}{2 \times 2!} + \frac{\mu^3}{3 \times 3!} - \frac{\mu^4}{4 \times 4!} + \dots \right) \quad [178]$$

وقد حاول كل من تايس (Theis) وجاكوب (Jacob) وشو (Chow) وهانتش (Hantush) كل على حدة إيجاد طريقة سهلة ومليمة ليعطى الحل للمعادلة ١٧٦ وأوجدوا حلولاً لها ، كل منها يعرف باسم كل منهم (أنظر تود (Todd) من صفحة ٩٠-٩٦) كما وجد الدكتور ك. ف. سعد والدكتور أ. شكرى والدكتور ع. بلخحلا يعرف بطريقة الميل المزدوج (Double slope method) والتي تتميز من أكثر الطرق دقة وتطبيقاً مختلفاً للتصريف الحقل . وتسمى الطريقة في :

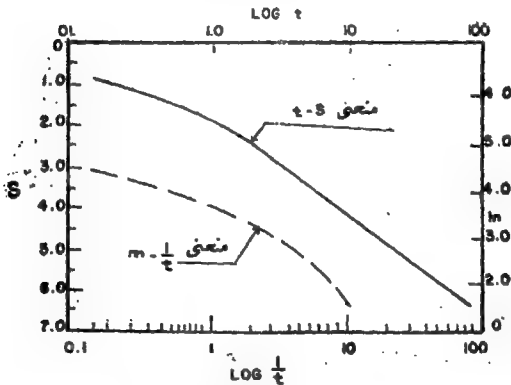
طريقة الميل المزدوج (Double slope method) :

يجرى عمل الآتي :

(١) يرسم المنحنى بين (S)، (log t) كاهر موضح بشكل ١٩٢ ثم يختار عدة نقط على المنحنى حيث يقاس الميل (m) للماس عند كل منها :

$$m = \frac{L}{\text{cycle}} \quad [179]$$

حيث (L) هي المسافة الرأسية المقابلة لدورة كاملة من القياس اللوغاريتمي ،



شكل ١٩٢ - طريقة الميل المزدوج .

٢- يرسم المنحنى بين (m) ، (log 1/t) ثم تختار عدة نقط على المنحنى

ويوجد الميل (m') للماس عند كل نقطة ،

٣ - نحسب (μ) من المعادلة (١٨٠) الآتية :

$$\mu = \frac{1}{(2.30)^2} \frac{m'}{m} = 0.865 \frac{m'}{m} \quad [180]$$

٤ - نحسب (T) لكل نقطة من المعادلة الآتية :

$$m = 2.3 \frac{Q}{4\pi T} \cdot e^{-\mu} \quad [181]$$

٥ - نحسب (\bar{S}) لكل نقطة من المعادلة الآتية المستتجة من المعادلة (١٧٧) :

$$\bar{S} = \frac{4 T t \mu}{r^2} \quad [182]$$

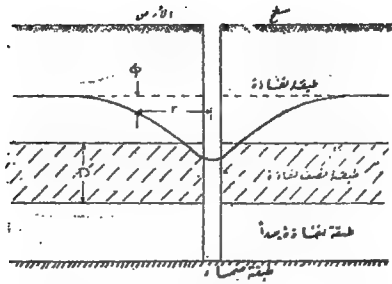
٦ - يحسب متوسط قيمة (T) لجميع النقط المختارة والمفروض أن تكون متساوية وكذلك متوسط قيمة (\bar{S}) و

٧ - بمعرفة قيمة كل من (\bar{S}) ، (T) لخزان الماء الأرضي وكذلك قيمة (μ) من المعادلة (١٧٧) عند أزمنة مختلفة منذ بداية تشغيل طلمبة البئر يمكن إيجاد التصرف (Q) للبئر من المعادلة (١٧٨) حسب القيمة المطلوبة .

ثالثاً - حالة خزان نصف محصور (Semi - confined aquifer) :

يسمى الخزان نصف محدود إذا وجدت طبقة غير مسامية يعلوها طبقة مسامية جداً (ومال أو زلط أو كلاهما معاً) ثم يعلو الأخيرة طبقة نصف نفاذة يعلوها طبقة أخرى مسامية جداً يوجد بها السطح الحر للياه الجوفية كما هو مبين بشكل ١٩٣ . والعلاقة بين تصرف البئر (Q) وعمق المياه الأرضية حسب r .

ديجلى (Degree) هي :



شكل ١٩٢ : خزان مياه أرضي نصف محدود .

$$\phi = \frac{Q}{2\pi T} K_0 \frac{r}{\sqrt{T D' / K'}} \quad [183]$$

حيث :

ϕ : مقدار المبوط في مستوى الماء الأرضي عند مسافة r ، من البئر ،

D' : سمك الطبقة النصف نفاذة ،

K' : معامل التوصيل الهيدروليكي للطبقة النصف نفاذة ،

K_0 : دالة بسل المعدلة ذات ترتيب صفر (Modified Bessel function)

of zero order ، وهي مجدولة في جداول لهذا الغرض .

ويعتبر خزان دلتا النيل الجوفي نصف محدود في مواقع كثيرة حيث تتراوح

قيمة (K) ما بين ٢٠٠ ، ٢٠٠٠ متر في اليوم وذلك لاهتاق ٢٠٠ متر . وتتمتع

الطبقة الأكبر نفاذية على عمق يتراوح بين ١٠٥ ، ٥٥ متر تحت سطح الأرض وهذه هي الطبقة التي يجب اختراقها لضمان الحصول على أنسب حالة الرفع .

المسافة بين الآبار :

توقف المسافة بين الآبار على عدة عوامل منها :

(١) عمق البئر إذ أنه كلما زاد عمق البئر داخل خزان المياه الأرضية كلما زاد قطر دائرة التأثير ($2 r_0$) ،

(٢) خواص التربة الناقلة للمياه ،

(٣) قطر البئر الذي يزيده تزيد دائرة التأثير ،

(٤) الوقت اللازم لنزح مياه العرف أي زمن إقفاء الطبقات ، والذي يتحدد على أساس قياس تنقيب منسوب الماء الأرضي في فصول السنة المختلفة ونوع المحاصيل المزروعة والعمق اللازم لامتداد جذورها و

(٥) دراسة اقتصاديات المشروع مع إمكانية استعمال آبار عميقة وقوية وعلى أبعاد كبيرة أو استعمال آبار صغيرة وكثيرة المسدد وعلى أبعاد متقاربة حيث تتداخل مخروطات هبوط المياه ويقل مدى تنقيب المياه الأرضية .

حركة المياه الأرضية (Motion of underground water):

تتحرك المياه الأرضية في المسافات الشعرية للتربة والصخور بمعدل بطيء بحسب ما قد يصل إلى نحو ١٠٥ كيلو متر في السنة متوقفة على الضغط (Pressure head) وعلى صفات التربة . وكما سبق أن أشرنا فقد أثبت دارسي ومابر أن سريان السوائل خلال المسافات الشعرية يتناسب طردياً مع الضغط كما هو واضح من المعادلات :

١ - معادلة دارسي :

وقد سبق الحديث عنها ونوردها الآن للتذكرة :

$$v = K \cdot \frac{h}{L} \quad \dots [184]$$

حيث :

V : السرعة ،

h : الفرق في الضاغط ،

L : طول عمود التربة المارة به المياه و

K : معامل التوصيل الهيدروليكي .

ب - معاد هازن (Hazen Formula) :

$$v = C d^2 \frac{h}{L} (0.70 + 0.03 t) \quad [185]$$

حيث :

v : سرعة المياه بالتر في اليوم خلال قطع التربة ،

C : ثابت يساوى من ٤٠٠ إلى ١٠٠٠ وغالبا يساوى ١٠٠٠ ،

d : الحجم أو القطر الفعال (Effective size) لحبيبات التربة بالمليمتر

وهو القطر الذى يقع تحته ١٠ ٪ من التربة ويكبره ٩٠ ٪ من التربة

(The size that 10% of the material is of smaller size and 90% of larger grains)

h : الضاغط ،

L : طول عمود التربة و

t : درجة الحرارة المثوية للمياه .

وقد استعمل عازن معامل الانتظام (Uniformity coefficient) - وهو نسبة قطر الحبيبات الذي يكبر ٦٠ ٪ من حبيبات التربة إلى القطر الفعال (The ratio of the size of grains which has 60 % of the sample finer than itself, to the effective size) - لتعيين معادلته على الرمال إلى لها معامل انتظام أقل من ٥ و قطر فعال ٠.٠٧٥ ملليمتر .

٥- معادلة شليختر (Slichter's Formula) :

وتستعمل لمرئان المياه في التربة الرملية :

$$Q = 0.012 h d^3 a / \mu L K \quad [186]$$

حيث :

Q : التصريف م^٣ / دقيقة ،

μ : معامل يعتمد على درجة الحرارة ،

L : طول عمود التربة بالقدم ،

K : معامل يعتمد على مسامية التربة ،

h : الارتفاع ،

d : القطر المتوسط لحبيبات التربة بالملليمتر والذي عنده لو كانت كل الحبيبات لها نفس القطر فإن قدرة التربة على نقل المياه تعادل قدرتها الفعلية أو الحقيقية و

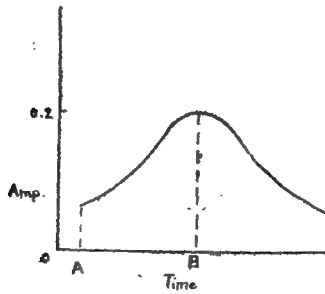
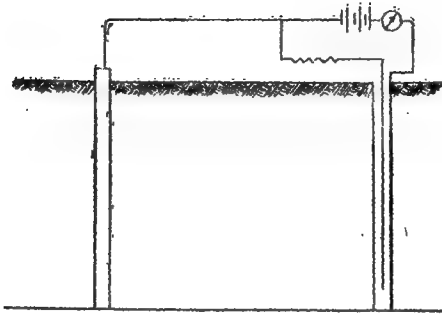
a : مساحة مقطع عمود التربة بالقدم المسطح .

جهاز زحتر الليس السرعة:

يمكن قياس السرعة الحقيقية للمياه الأرضية بواسطة إلكتروليت (Electrolyte) - عادة من كلوريد الألومنيوم أو الصودا الكاوي في بئر، ثم تسجيل حركة المياه بواسطة أميتر (Ammeter) متصل بدائرة كهربائية بين قواسم (Casings) البئر الأول السابق، وبين بئر ثان على مسافة معينة منه وفي اتجاه سريان المياه الأرضية، حيث يوضع به قطب كهربائي (Electrode) معزول عن قواسم البئر. وكلما زاد سريان الإلكتروليت زادت قراءة الأميتر حتى يصل الإلكتروليت إلى البئر الثاني، فنجد زيادة مفاجئة في قراءة الأميتر كما هو موضح بالشكل ١٩٤، والزمن مابين التفتتين (A) التي تمثل وقت إلقاء الإلكتروليت بالبئر الأول والنقطة (B) عند حدوث الزيادة المفاجئة لقراءة الأميتر والمبتدئ على المنحنى والتي تمثل زمن وصول الإلكتروليت إلى البئر الثانية بين الوقت اللازم لحركة المياه الأرضية مابين البئرين. وبقسمة المسافة بين البئرين على الزمن الذي استغرقه وصول الإلكتروليت مابين البئرين يحدد سرعة المياه الأرضية.

وبعد تحديد السرعة^(١) وتحديد المسافات البينية لمحبيات التربة يمكن إيجاد التصرف في وحدة مساحة القطاع المسامى وبالتالي يمكن إيجاد التصرف

(١) تبلغ سرعة الماء الأرضي في وادي النيل والدلتا بين جزء من المليون إلى متر واحد في اليوم، على اعتبار أن انحدار المياه الأرضية هو حوالي انحدار سطح الأرض أي ١/١٠٠٠٠. على أن بعض الطرق المباشرة التي استعملت لقياس السرعة قد أعطت مقادير تتراوح بين ٤، ٨٠٠ - متر في اليوم.



شكل ١٩٤ : جهاز لقياس السعة :

الكلى (١)، كما يمكن تحديد معامل التوصيل الهيدروليكي من معادلة دارسي بمعرفة السرعة السابق تحديدها، أو بواسطة آبار الملاحظة السابق شرحها في الباب الثاني.

طريقة ثايم (Thelm) لقياس معامل التوصيل الهيدروليكي :

يفرس عدة آبار ملا-فلة من ١٠ - ٥٠ بئر (وأسير مخزومة ذات قطر $\frac{1}{4}$ بوصة تقريباً) حول بئر تعمل عليه طلبية قطرها من ١٢ إلى ٢٤ بوصة حيث يجري تشغيلها حتى يتساوى تصرفها مع معدل دخول المياه إلى البئر مما ينتج عنه ثبات منسوب المياه المقلوب والذي يسرى تسجيل قراءته بواسطة آبار الملاحظة ثم تطبق معادلة ثايم :

$$K = \frac{q \log (r_2 / r)}{20.4 \, m (S - S_1)} \quad [187]$$

حيث :

K : معامل التوصيل الهيدروليكي بالقدم / دقيقة عند درجة حرارة

٥٤° ف ،

(١) لو اعتبرنا طول وادي النيل في ج.ع ٥ م ٨٤٠ كم ومتوسط العرض ١١ كم وأت متوسط سلك الطبقات الحاوية لقياء هو ٥٠ م وأن مسامية الطبقات هي ٣٥٪. كانت كمية المياه الأرضية في وادي النيل يسج.ع ٢٠ م هي ١٦١,٧٠٠ مليون م^٣. ولو قدرنا مساحة دلتا النيل بحوالي ٢٢,٠٠٠ كم مربع وأن متوسط سلك الطبقات الحاوية لقياء هو ٧٠ متر والمسامية ٣٥٪. كانت كمية المياه الأرضية في دلتا هي ٥٢٦,٠٠٠ مليون م^٣ وبهذا يكون مجموع المياه الأرضية المخزونة بوادي النيل والدلتا في ج.ع ٢٠ م حوالي ٧٠٠,٠٠٠ مليون متر مكعب.

q : معدل ضخ المياه من البئر بالجالون في الدقيقة ،

r ، r_1 : المسافة بالقدم بين بئر الملاحظة وبئر الضخ ،

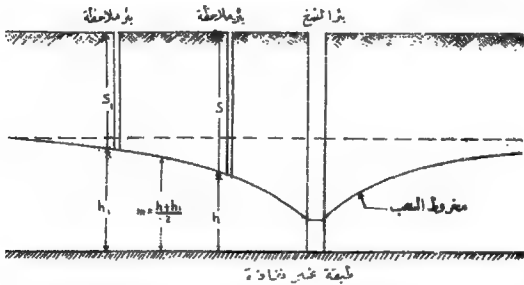
m : متوسط سمك الخزان الأرضي المشبع بالماء :

$$m = \frac{h + h_1}{2} \quad [188]$$

حيث :

S_1 ، S : السحب عند بئر الملاحظة بالقدم و

h_1 ، h : ارتفاعي المياه فوق الطبقة غير النفاذة عند بئر الملاحظة .



شكل ١٩٥ : مغروط السحب كما هو واضح من بئر ملاحظة بجوار بئر الضخ.

مثال :

إذا كانت : $q = ١٢٧٨$ جالون في الدقيقة ،

$r = ١٠٠$ قدم ،

$$F_1 = 100 \text{ قدم}$$

$$m = 40.82 \text{ قدم}$$

$$S = 4.73 \text{ قدم ر}$$

$$S_1 = 4.01 \text{ قدم}$$

$$K = \frac{1928 \times \log (150/100)}{20.4 \times 45.82 (4.73 - 4.01)}$$

$$= \frac{1928 \times 0.176}{20.4 \times 45.82 \times 0.72} = 0.347 \text{ ft./min.}$$

ومنه يتضح أن الطبقة الحاملة للمياه إما رمل خشن أو رمل وزلط .

ملخص تصميم واستعمال الآبار وأجزائها :

١- الفسافي (Screens) :

لابد من مراعاة الشروط الآتية :

١ - جهاز مواد التكوينات التي ينشأ فيها البئر مع الساج بتشغيله دون دخول

أى رمال أو مواد ناعمة بعد الإنشاء والتنمية (Development) ،

٢ - الساج بدخول المياه الأرضية داخل البئر بأقل فقد ممكن فى الضاغط

(Head) خلافاً ،

٣ - قوة إنشائية كافية وقدرة على مقاومة الصدأ مع الاقتصاد اللازم وقد

تتطلب القوة الإنشائية جعل مساحات الفتحات ٥٠ ٪ فقط من المساحة الكلية ،

٤ - تسمح الفتحات بسرعة دخول أقل من تلك اللازمة لتحريك أنعم

الحبيبات (بعد إنشاء البئر) وعادة تكون أقل من ١٢٥ ، ٢٠٠ قدم / ثانية ،

والجدول يعطى السرعات اللازمة لرفع حبيبات رمل ووزنها النوع ٢ ، ٦٥ :-

القطر بالملم	السرعة قدم / ثانية
حتى ٠,٢٥	٠,١٠ - ٠,٢٥
٠,٢٥ - ٠,٥٠	٠,٢٢ - ٠,٤٠
٠,٥٠ - ١,٠٠	٠,٢٢ - ٠,٢٥
١,٠٠ - ٢,٠٠	٠,٢٦ - ٠,٣٧
٢,٠٠ - ٤,٠٠	٠,٣٦ - ٠,٦٠

جدول ٤: السرعات اللازمة لرفع حبيبات رمل وزنها النوعي ٠,٢٦٥.

٥ - يحدد الطول والقطر والمساحة الكلية للمضاق كي تغطي السرعة المطلوبة ،

٦ - طول المضاق يتراوح عادة ما بين ٤٠ - ١٠٠ قدم وإن كان يحدده سمك الخزان للمائي الجوفي و

٧ - تختار الفتحات بحيث يمر منها من ٦٠ - ٨٠ ٪ من المواد حول البئر خصوصا إذا كبر معامل التجانس (Uniformity coefficient) ، وأقل بعد لما هو ٠,٠٢٥ بوصة إذا كانت السامية حوالي ٢٠ ٪ كذلك لا تقل عن ١/٢ ولا تزيد عن ١/٢ حجم الحشو الزاوي للماس إن وجد (Gravel pack) ، ويعتمد انسياد فتحات المضاق على شكل ونوع الفتحات المستعملة فقد يفضل الانسياد إلى ١٠٠ ٪ في حالة الفتحات الدائرية . لذلك فإن أفضل الفتحات هي المستطيلة حادة الزاوية عند مخرجها والتي تلتسع فجأة تجاه مدخلها (Sharp tapered slot at the outside with an abruptly widened opening toward the inside)

ب - سعة البئر أو قدرته (Capacity) :

وتعتمد على :

١ - كمية المياه بالطبقات الحاملة للياه ،

٢ - الضغوط (الفرق في منسوب المياه داخل البئر والطبقات الحاملة للياه) و

٣ - فاقد احتكاك المياه أثناء حركتها .

فبالنسبة لكمية المياه التي تحملها الطبقات الحاملة للمياه فإنه من المستحيل صنع كميات أكبر من التي تحتويها هذه الطبقات ، كما أنه من المستحيل أيضا صنع المياه المسوكة على أسطح حبيبات التربة بقوة الالتصاق (Adhesion) .

وبالنسبة للضغوط فالملاحظ أنه بمجرد بداية تشغيل البئر يبدأ منسوب المياه في البئر في الانخفاض ، أحيانا بسرعة وأحيانا ببطء ، وأحيانا تسحب المياه من مسافة أبعد . وأحيانا أخرى من مسافات قريبة . كل ذلك يحدث من أجل بناء فرق في الضغوط داخل البئر والضغوط في الطبقات الحاملة للياه بقدر كاف ، لإرغام سير المياه في مسام التربة إلى داخل البئر بالسرعة المطلوبة لسحبها . فإذا كانت حبيبات التربة ناعمة أو مكونة من خليط من مختلف الأحجام احتاج الأمر إلى ضاغط أكبر مما لو كانت حبيبات التربة خشنة ومنظمة التدرج (Evenly graded) ، ولذلك يمكن القول أنه مع تساوى الظروف فإن السحب داخل البئر يكون أكبر في حالة إنشاء البئر في رمال ناعمة مما لو أنشئ في رمال خشنة متجانسة (Equal uniformity) ، كذلك فإن السحب يكون أكبر في حالة خليط من الرمال الناعمة والخشنة مما لو كان البئر في رمال ناعمة جيدة التدرج (Evenly graded fine - sand) أو في رمال خشنة .

والغرض الرئيسى من تنمية البئر (Development processes) هو إزالة المواد الناعمة من الطبقات الحاملة للمياه إلى أبعد مسافات حول البئر حتى تلتصق المياه بحرية أكثر إلى البئر لسيبين الأول لأن المواد حول البئر أصبحت خشنة (Coarser) أو أكبر قطرا والثانى لحسن تدرج هذه المواد Evenly graded.

جـ - السحب داخل الآبار (Drawdown in wells) :

من المهم الإبقاء على منسوب المياه داخل البئر أعلى ما يمكن أثناء ضخ المياه من البئر، حتى يقل الحمل (Load) على طلبة البئر وحتى تقل تكاليف الضخ بجانب سهولة أو يسر المياه وتوفرها بالبئر، وإمكان رفع المياه بكمية أكبر، ولذلك فإنه من المهم تقليل السحب (Draw down) ، وهو مقدار انخفاض منسوب المياه أثناء الرفع ويرجع سبب انخفاض المياه إلى صغر مقدار الضاغط عند مخرج المياه عنه في بداية سيرها ما بين حبيبات التربة، نظرا لما تلاقيه من فاقد نتيجة احتكاكها (Rubbing) (المياه) مع بعضها ومع حبيبات التربة وجدران وفتحات البئر، لذلك فإن هذا الفارق في الضاغط والذي يقاس بمقدار السحب (Draw down) أو الانخفاض في الطبقات هو الذى يعمل ويسبب حركة المياه خلال الممرات المعقدة بين حبيبات التربة إلى البئر .

وعلى اعتبار أن حركة المياه تتبع قانون دراسى أى أن سرعة المياه تتناسب طرديا مع الميل الهيدروليكي (الفارق لكل وحدة مسافة عبرتها المياه) ، كما أن السرعة تتناسب طرديا مع معامل التوصيل الهيدروليكي ، كذلك فإن أى زيادة في نفاذية التربة أو في معامل التوصيل الهيدروليكي تسبب نقصا في الميل الهيدروليكي، وبالتالي تسبب نقص مقدار السحب، وبذلك تنحصر المشكلة في إيجاد وسيلة لتحسين نفاذية التربة حول البئر وذلك كالآتي :

أولاً - عن طريق :

١) إزالة بعض المواد الناعمة حتى يصبح الرمل أكثر خشونة وبالتالي أكثر نفاذية وهذه العملية تسمى (Natural gravel packing) ، ويتم بعمل تمية للبئر (Development) ذلك لأن الرمال الناعمة تقلل من النفاذية إذا اختلطت مع الرمال الجرسية . وعملية (Natural gravel packing) تحتوي على العمليات الآتية : (Surging, pumping, development) حتى يتم سحب جميع المواد الناعمة حول المصافي ولا يبقى إلا المواد الخشنة فقط التي تعمل كدعامة للبئر حولها والذي يحتوي بعض المواد الناعمة التي تزيد كلما ابتعدنا عن البئر و

٢) استبدال بعض التكويزات بطبقات خشنة من الرمل والواط وتسمى هذه العملية (Artificial gravel packing) ولا حظ أن تجانس التدرج (Uniformity of grading) أهم بكثير من نعومة أو خشونة المواد الملاصقة والتي حول البئر .

ثانياً - من طريق المصافي إذ أن مقدار السحب داخل البئر يحتوي على الفاقد داخل البئر ، نتيجة عبور المياه خلال فتحات المصافي ، علاوة على الفاقد خلال الممرات المتعددة التي يملكها المياه في الطبقات الحاملة للمياه ، وأي نقص في الفاقد خلال المصافي سينعكس حتماً في نقص مقدار السحب ، ولما كان هذا الفاقد هو دالة للسرعة خلال فتحات المصافي فإن زيادة مساحة هذه الفتحات تقلل السرعة خلالها وتقلل بالتالي مقدار النقص ، ويتم ذلك بإطالة المصافي وتوسيع فتحاتها ، وكبر نسبة المساحة المفتوحة منها بالنسبة لمساحتها الكلية .

ويمكن تلخيص طرق الإنشاء في الآتي :

١ - إذا كانت الرمال حول البئر ناعمة ذات نفاذية مقبولة وتجانس جيد تستعمل مصافي ذات فتحات صغيرة دون اللجوء إلى أي حشو (Packing) ،

٢ - إذا كانت الرمال ناعمة جداً يحسن عمل حشو (Packing) بالولط متناظراً
 ٢ - إذا كانت المواد حول البئر مكونة من الرمال الناعمة والخشنة والولط
 يحسن عمل (Naturally developed pack) مع استعمال فتحات للمضام
 مناسبة حسب التحاليل الدقيقة للمواد حول البئر حتى يمكن إزالة المواد الناعمة
 دون أى ضرر .

٥ - العلاقة بين الحجم الفعال (١٠٪ من الوزن) ومعامل الانتظام أو التجانس
 ($\frac{60}{\%A}$) والحشو الزلطى (Gravel Pack) أو الفتتر:

١ - التكوينات ذات القطر الفعال أكبر من ٢٥٤ مم ومعامل تجانس
 أكبر من ٢ لا تحتاج إلى (Gravel Pack) حشو زلطى ،

٢ - التكوينات ذات القطر الفعال أقل من ٢٣٠ مم تحتاج إلى حشو زلطى
 (Gravel Pack) له قطر فعال ما بين ٤-٥ مرات قطر ٨٠٪ من التكوينات ،

٣ - إذا استعمل الحشو الزلطى (Gravel Pack) تحت الحدود المذكورة
 عاليه فلا ضرر من ذلك ، أما إذا استعمل في حالة معامل التجانس أعلى من
 ١٠٠ فلا قيمة له ،

٤ - إذا كان معامل التجانس للتكوينات حول البئر ما بين ٣-٥ فإن القطر
 الفعال الحشو الزلطى يختار من ٤-٥ مرات قطر ٩٠٪ من التكوينات ،

٥ - إذا استعمل عدة طبقات من الحشو الزلطى فإن القطر الفعال الطبقة
 الخارجية يؤخذ ٤-٥ مرات القطر الفعال الطبقة الداخلية ،

٦ - أقل سمك الحشو الزلطى ٣" وأكبر سمك له ١٢" و

٧ - تسرج الحشو الزلطى يؤخذ عادة كالآتي :

منخل رقم	١	٢	٤	٨	١٦	٢٠
كيفية المار بالوزن	١٠٠٪	٩٠-١٠٠٪	٦٥-٨٠٪	١٠-٢٠٪	٥-١٠٪	صفر٪

أما الفاتر فتختار مواده على أساس أن ١٥٪ من المنطقة الخشنة ذات قطر أقل من ٥ مرات قطر ٨٥٪ من المنطقة الناعمة .

(The 15% size in the coarser zone shall be not more than 5 times the 85% size in the finer zone)

وذلك لمنع حركة الحبيبات من المنطقة الناعمة إلى المنطقة الخشنة تحت تأثير سريان أو رشع المياه .

٥ (حجم أو قطر البئر :

لاختيار حجم أو قطر البئر يؤخذ في الاعتبار الآتي :

- ١ - أقصى تعرف يحتاج إليه خلال فترة ٢٠ عام أو ٥٠ عام ،
- ٢ - أوطى مناسيب ستصل إليها المياه بالرفع (أقصى ضغط) ،
- ٣ - أعلى كفاءة تشغيل ممكنة (Pumping efficiency) ،
- ٤ - طبيعة ومدى الطبقات الحاملة للمياه وسعتها التخزينية والعلاقات الاقتصادية بين القطر ، فواقد الضغط (Head losses) في البئر أثناء التشغيل ، الفواقد في المصافي وفي الطبقات الحاملة للمياه ،

٥ - تقدير عمر البئر مع العمر الاقتصادي للقواسين (Casing) وللمصافي (Screening) ، فإن كان العمر يمكن إطالته بوضع قواسين جديد داخل الأول السابق وصفه يؤخذ القطر التالي في الكبير للقطر المطلوب ،

٦ - قطر القوايين لابد أن يكون هل الأقل أكبر بمقدار ٢ بوصة من الطلبة (Pump bowls) التي تستعمل و

٧ - لاستعمل أنطار أقل من ٤ بوصة ، وأكثر اقتصادا هو وضع بئرين متوسطى الحجم أفضل من واحدة أكبر حجما إذ أن مضاعفة قطر البئر لا تزيد كمية المياه بأكثر من ١١ ٪ إلى ٢٠ ٪ . وعادة يحدد قطر الطلبة للناسب لرفع الحجم الأقصى المطلوب من المياه لأقصى حالات الرفع ، ثم يؤخذ القطر الأكبر التالى لحجم البئر .

(و) وتؤخذ الاعتبارات الآتية من تصميم الطلمبة وكلاهما :

- ١ - قطر البئر ،
- ٢ - عمق البئر ،
- ٣ - عمق المياه داخل البئر ،
- ٤ - السحب المتوقع ،
- ٥ - الوصول أو المواسم التي تنفجر فيها مناسب المياه الأرضية ،
- ٦ - فترة استمرار الرفع ومقداره ،
- ٧ - مصروفات الإنشاء والتشغيل والصيانة ،
- ٨ - القوة المطلوبة لإدارة الطلمبة و
- ٩ - نوعية المياه الأرضية .

٣ - تنمية البئر (Well development) :

الغرض منها :-

- ١ - زيادة السعة أو المقدرة النوعية (Specific capacity) ،

٢ - منع تراكم الرمال داخل البئر (Sanding) و

٢ - الحصول على أقصى عمر اقتصادى للبئر .

طرق تنمية البئر :

١ - الضخ أو الرفع (Pumping) لتحريك المواد الناعمة حول البئر ،

٢ - (Surging) وذلك بتحريك كباس (Plunger) بسرعة عالية إلى

أعلى وأسفل فوق المصافي داخل البئر للتغلب على التفتل (Bridging) الرمال
ولإحضار المواد الناعمة إلى البئر و

٣ - (Back washing) وذلك بالطرق الآتية :

أ : كربة البئر (Rawhiding a well) بتشغيل الطلمبة وإيقافها عدة
مرات لإحداث تغيرات واضحة في الضغط داخل البئر، أما بتشغيل الطلمبة حتى
أقصى سحب للبئر ثم إيقاف الطلمبة حتى عودة المياه إلى المنسوب الاستاتيكي
للمياه مع تكرار ذلك عدد مرات ، ولما بتشغيل الطلمبة للوصول إلى أقصى
سحب ثم إيقاف الطلمبة وتشغيلها على فترات قصيرة ، وأما بتشغيل الطلمبة حتى
ينطلق التصفير منها على السطح ثم إيقاف الطلمبة كي تعطى فرصة كافية لتزول
المياه بما سوره البئر ثم تكرار العملية ،

ب : (Back - washing with bailer) وذلك بصيد المياه في البئر
وبكل مرة يمكن ثم سحبها بطلمبة خاصة تسمى (Sand pump) أو (Bailer) و

ج : (Back - washing under pressure) وهي أقوى وسيلة وتعمل
بواسطة رفع المياه بمعدل أكبر مما ترتفع به المياه عادة من البئر .

٤ - حقن هواء مضغوط (Injection of compressed air) مما يقلل
المواد الناعمة حول مصاق البئر ،

٥ - إضافة ثاني أكسيد الكربون (Addition of solid carbon dioxide CO_2 الصلب والمسمى بالثلج الجاف (Dry ice) و
٦ - إشعال المفرقعات (Detonation of explosives) :

أسئلة على الباب الخامس

- ١ - لى الأراضى أولية استخدام مياه الصرف ؟
- ٢ - ماهى الأغراض التى يحققها الصرف الرأسى ؟
- ٣ - أذكر الشروط الواجب توفرها لاستخدام الصرف الرأسى .
- ٤ - ماهى العوامل التى تؤثر على اقتصاديات الصرف الرأسى ؟
- ٥ - قارن بين المصارف المنطاة والآبار من حيث المزايا والعيوب والتكاليف.
- ٦ - ماهى أنواع الآبار الرأسية المختلفة ؟
- ٧ - أرسم موضعا الفرق بين الآبار غير العميقة فى حالة الحفر العميق وحالة الحفر غير العميق مبينا تفاصيل كل حالة .
- ٨ - متى تستعمل الآبار العميقة والآبار التحتية ؟
- ٩ - أذكر ماعرفه عن الآبار القلوية أو آبار الشحن .
- ١٠ - متى تملك الآبار المعروفة بآبار التخفيف أو التفريج ؟
- ١١ - ماهى الآبار الباكية ؟
- ١٢ - ماذا يلزم لدراسة احتياجات آبار الصرف ؟
- ١٣ - قسم الخزانات الأرضية :
- ١ - من حيث طريقة استغلالها و ب - من حيث جيولوجيتها .
- ١٤ - ماهى إمكانات الخزانات الجوفية لإمداد المياه بأمان وبصفة مستمرة ؟

- ١٥ - استنبط المعادلات بين منسوب الماء الأرضي وتصرف البئر في حالة خزان أرضي محدود موضحا ما تذكره برسم كروكي مفصل .
- ١٦ - كيف يمكن تحديد معامل التوصيل الهيدروليكي من المعادلات السابقة بإجابة سؤال ١٥ ؟
- ١٧ - اشرح حدود معادلة تود في حالة اختراق البئر جزئيا الخزان الجوفي.
- ١٨ - استنتج المعادلات في حالة خزان أرضي مفتوح الى توضح العلاقة بين تصرف البئر ومنسوب المياه الأرضية داخل البئر وخارجه .
- ١٩ - ماذا تحتوى فواقد البئر مادة ؟
- ٢٠ - كيف تصحح (K) معامل التوصيل الهيدروليكي بطريقة فورشهايمر ؟
- ٢١ - كيف تصحح (K) معامل التوصيل الهيدروليكي بطريقة موسكات ؟
- ٢٢ - كيف تصحح (K) معامل التوصيل الهيدروليكي بطريقة تود ؟
- ٢٣ - كيف تصحح (K) لخزان مفتوح بطريقة بابوشكين ؟
- ٢٤ - ماهو قانون عدم التعادل لتايس في حالة عدم انتظام انسياب المياه ؟
- ٢٥ - ما هي طريقة الميل المزدوج لحل قانون عدم التعادل ؟
- ٢٦ - ما هي المعادلة التي توضح العلاقة بين تصرف البئر ومستوى المياه داخل وخارج البئر في حالة الخزان نصف المحدود ؟
- ٢٧ - ما هي العوامل التي تعتمد عليها المسافة بين الآبار ؟
- ٢٨ - اشرح معادلات دواي وهازن ولختر لحركة المياه الأرضية .
- ٢٩ - كيف تقاس سرعة المياه الأرضية باستعمال جهاز زلختر ؟

- ٢٠ - اشرح طريقة تأيم لقياس معامل التوصيل الهيدروليكي .
- ٣١ - ماذا يراعى عند اختيار مصافي الآبار من شروط ؟
- ٣٢ - (تعتمد سعة البئر أو قدرته على عدة عوامل .) ناقش هذه العبارة بإسهاب .
- ٣٣ - ما هي الوسائل التي يمكن بها تحسين نفاذية التربة حول البئر ؟
- ٣٤ - لماذا يجب المحافظة على منسوب المياه داخل البئر أعلى ما يمكن ؟
- ٣٥ - وضع الاعتبارات الهامة التي يجب مراعاتها عند اختيار قطر أو حجم البئر ، وحين تصميم طلمبة البئر وكفاءتها .
- ٣٦ - ما الفرض من تنمية البئر وما هي الطرق والوسائل لتنفيذ ذلك ؟

المراجع

References

1. Amar, F. and Elgabaly, M.M. 1962.
Tile spacing in the Nile Delta. Alex. Jr. Agr.
Res. 10 : 97 - 111.
2. Dalrymple, Tote. 1960.
Flood - frequency analysis. U.S. Geological Survey.
Water Supply, paper 1543 - A. Washington D C.
3. Elgabaly, M.M. 1960.
تقرير عن تحسين الأراضي والرى والصرف الزراعى بالإقليم المهنرى .
قدم إلى المجلس الأعلى للعلوم بالجمهورية العربية المتحدة .
4. Elhanafy, S.E. 1968.
Hydraulics of the drains, M.Sc. Thesis, Fac. of Eng.,
Alex. Univ. U.A.R.
5. Elsamny, E.A. 1952.
Lectures of irrigation and drainage for students of
Civil Eng. Dept., Fac. of Eng. Cairo Univ. U.A.R.
6. Frevert, K.K. and others 1955.
Soil and water conservation eng. John Wiley and Sons.,
Inc. New York.

7. Hammad, Y.H. 1962.
Depth and spacing of the drains system. Jl. of the
Irrig and Drainage Div. Proc. of the Am. Soc.
of Civil Eng. Vol. 90. No. IR. 3: 1 — 15.
8. Hashem, A., Saied, N.F. and Abuzeid, M.A. 1967.
الصرف في الأراضي الزراعية. وزارة الري ج.ع.م
9. Harr, M.E. 1962.
Groundwater and seepage. Mc Graw Hill Book Co.
10. Houston, C.E. 1961.
Drainage of irrigated land California Agric. Expt. Sta.
Ext. Serv. Circ. 504. Davis, Calif U.S.A.
11. Kirkham, Don. 1961.
Agricultural drainage. Unpublished typewritten Lectures
Notes given in Alex. Instit of Land Reclam. U.A.R.
12. Luthin, J.N. 1957.
Drainage of agricultural lands. Am. Soc. of Agronomy,
Madison Wisconsin. U S.A.
13. Marshall, T.J. 1963.
Relations between water and soil. Technical Comm-
unication, No. 50 Common wealth, Bureau of Soils.
Herpenden.
14. Poluborinova — Kochina, P Y. 1962.
Theory of groundwater movement, Princeton Univ.
Press. Princeton, New Jersey. U.S.A.

15. Potter, W.D. 1961.

Peak rates of runoff from small watersheds. U.S. Bureau of Public Roads, Hydraulic Design Series No. 2, U. S. Government Printing Office, Washington D. C.

16. Reeve, R. C. 1957.

The relation of salinity to irrigation and drainage requirements. Third Congress, International Comm. on Irrigation and Drainage Vol. V.

17. Richards, L. A. 1950.

The outflow law. Trans, Am. Geophys. Un. 31 : 780 — 756.

18. Roe, H.B.; Neal, J.H. 1938.

Farm drainage Practice Extension Bulletin No. 149. Univ. Farm, St. Paul, Minnesota, U.S.A.

19. Saad, F.K., Shukry, A. and Baligh, A. 1965.

Double — Slope method for pumping test analysis. JI. of the Irrig and Drainage Divis, Proc. of the Am. Soc of Civil Eng. Vol. 9: No. IR 2.

20. Schilfsgaarde V.J. 1963.

Design. of tile drainage for falling water table. JI. of the Irrig. and Drainage Div Proc. of the Am. Soc. of Civil Eng. Vol. 89 No. Ir. 2.

21. Searcy, J.K. 1965.
Design of roadside drainage channels. Hydr. Design
Series No. 4. U. S. Government Printing Office,
Washington D. C.
22. Seelye, Elwyn E. 1959.
Design; Data book for Civil Eng. Vol. 1. Third Edition,
John Wiley and Sons Inc. New York.
23. Shukry, A. 1961.
Lectures of Agricultural Drainage for students of
College of Agriculture, Alex. Univ. U.A.R.
24. Silje — Bekchourine. 1951.
Hydrology of Irrigated Lands. Foreign Languages
Publishing House, Moscow. U.S.S.R
25. Todd, D.K. 1963,
Groundwater Hydrology. Third printing. John Wiley
and Sons. Inc. New York.
26. U.A.R. Ministry of Irrigation Staff. 1968, 1969.
Report about the project of drainage of 1.4 million
feddans in the Nile Delta. Vol. 1 & 4.
تقرير عن مشروع صرف ١.٤ مليون فدان منطقة الدلتا - جزء ١ وجزء ٤
27. U.S. Dept. of Agric. Staff. 1957.
Soil. The year book of Agric. U. S. Govern. Printing
Office, Washington D. C.

28. U. S. Dept. of Commerce, Bureau of Public Roads
Staff. 1965.

Design Charts for open — channels flow, U.S. Govern.
Printing Office, Washington D. C.

29. Visser, W.C. 1954.

Tile drainage in the Netherlands. Netherlands Jl. of
Agric. Sci. Vol 2.

30. Zagloul, M.G.E. 1956.

Flow distribution through the groundwater aquifer of
the Nile Delta. M. Sc. Thesis, Fac. of Eng., Alex.
Univ. U. A. R.

حقوق الطبع محفوظة لل المؤلف

ثم بحمد الله ومرضته تعالى

